

Schneefall und winterliche Straßenglätte in Nordbayern als witterungsklimatologisches und verkehrsgeographisches Problem

Inauguraldissertation
der Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
zur
Erlangung des Doktorgrades

vorgelegt von
Hans Fiegl
aus Roth bei Nürnberg

Erlangen 1962

Buchdruckerei Karl Döres, Erlangen, Jägerstraße 3

Als Dissertation genehmigt
von der Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg

Tag der mündlichen Prüfung: 21. 2. 1962

Dekan: Universitätsprofessor Dr. Helmut Volz

1. Berichterstatter: Universitätsprofessor Dr. Joachim Blüthgen

2. Berichterstatter: Universitätsprofessor Dr. Otto Berninger

Sonderdruck aus:

Mitteilungen der Fränkischen Geographischen Gesellschaft e. V., Erlangen, Band 9 für 1962

Schneefall und winterliche Straßenglätte in Nordbayern als witterungsklimatologisches und verkehrsgeographisches Problem

von Hans Fiegl
aus Roth bei Nürnberg



Inhaltsangabe

Seite

Vorwort	2
A) Einleitung	4
B) Klassifikation von Schneefallwettertypen	6
1. Methode der Klassifikation	6
2. Die einzelnen Wettertypen mit Schneefall	10
I. Nordwest- und Nordlagen	10
II. Warmluftmodifizierte Nordwestlagen	12
III. Nordost- und Ostlagen	14
IV. Winterliche Kaltlufttropfen (Höhentiefs) und antizyklonale Ostlagen	15
V. Südost-Aufgleit-Lagen	17
VI. West- und Südwestlagen	20
3. Dauer und Niederschlagsmengen der Wettertypen	21
C) Die Straßenglätte in Nordbayern	24
1. Verteilung der Tage mit Straßenglätte auf die Wettertypen	24
2. Die Straßenglätteperioden	25
a) Die Straßenglätteperioden der Winter 1946/47 bis 1959/60	25
b) Die Straßenglätteperiode von Typ A des Januar/Februar 1958	31
c) Die Straßenglätteperiode von Typ B des Februar 1956	35
3. Zusammenfassung: Entstehen, Erhalten und Abtauen der Glätte	41
4. Die Verteilung der Straßenglätte in Nordbayern	44
D) Zusammenfassung	49
E) Literaturverzeichnis	50

Vorwort

Nordbayern ist geographisch ein sehr vielgestaltiger Raum. Es hat Anteil an der Klimagunst der niedrig gelegenen und meist flachen Rhein-Main-Rednitzgegenden, aber auch an der Rauheit des Klimas der süddeutschen Schichtstufenränder, der östlich davon anschließenden Hochflächen und besonders der seine Ostgrenze bildenden deutschen Mittelgebirge. Nordbayern ist ein politisches Gebilde, aber kein einheitlicher geographischer Raum. Daß dieses Gebiet für die vorliegende Arbeit gewählt wurde, liegt in erster Linie am Material, das zur Verfügung stand. Andererseits hat sich gerade die Vielgestaltigkeit Nordbayerns, insbesondere der klimatische Gegensatz West-Ost, auf die geographische Ergiebigkeit des Themas besonders günstig ausgewirkt. Die das Untersuchungsgebiet in einzelne Teile zerlegenden Höhenzüge, wie Rhön-Spessart, Haßberge-Steigerwald-Frankenhöhe, Fränkische Alb, Oberpfälzer und Bayerischer Wald, stehen den durch Nordbayern gehenden wichtigsten Verkehrsströmen hindernd entgegen. Während einer Fahrt auf den gegenwärtig meistbenutzten Verkehrswegen durch Nordbayern von Frankfurt über Nürnberg nach München, nach Regensburg/Passau oder nach der Oberpfalz sind die drei Hauptstufen des süddeutschen Schichtstufenlandes zu überqueren. Sie sind zu jeder Jahreszeit orographische Hindernisse, deren Überwindung dem Verkehr Zeit kostet. Besondere Schwierigkeiten ergeben sich im Winter, wenn hier infolge der durch die größere Höhenlage herrschenden niedrigeren Temperaturen, der durch den Stau vermehrte Niederschlag in fester Form länger liegenbleibt und dadurch den Verkehr stärker behindert als in den umliegenden Gebieten des Maintales, der fränkischen Muschelkalkgauebenen, des mittelfränkischen Beckens und des Oberpfälzer Berglandes.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, allen denen meinen herzlichen Dank auszusprechen, die mir während der Anfertigung vorliegender Arbeit mit Rat und Tat geholfen haben.

Zunächst möchte ich Herrn Professor Dr. O. BERNINGER für die Einführung in die Aufgaben und in die Arbeitsweise der Geographie danken. Herrn Professor Dr. J. BLUTHGEN bin ich für die Anregung zu dieser Arbeit, für die zahlreichen Diskussionen über sich ergebende Probleme und besonders für die Einführung in die Arbeitsweise der synoptischen Klimatologie stets zu Dank verbunden.

Der witterungsklimatologische Teil dieser Arbeit ist in der Hauptsache am Wetteramt Nürnberg entstanden. Dem Leiter des Wetteramtes, Herrn Regierungsdirektor Dr. K. SCHREIBER danke ich für die freundliche Unterstützung und das Interesse, das er der Arbeit stets entgegengebracht hat. Für die Hilfe bei der Beschaffung von Fachliteratur danke ich Herrn Regierungsrat Dr. T. HOLCKE. Herr Regierungsinspektor T. MANSKE beriet mich in dankenswerter Weise in allen Fragen, die den Winterdienst

des Wetteramtes betreffen. Zu besonderem Dank bin ich dem Amtsboten Herrn J. STEFAN für die Vervielfältigung der Arbeitskarten für den Straßenzustand verpflichtet. Für die Überlassung des umfangreichen Materials über den Straßenwinterdienst danke ich besonders den Straßenbauämtern Nürnberg und Regensburg.

Allen Meteorologen des Wetteramtes Nürnberg möchte ich für die Diskussionen und Auskünfte zur aktuellen winterlichen Wetterlage meinen Dank aussprechen.

A) Einleitung

In der vorliegenden Arbeit wird der Versuch unternommen, für einen kleineren geographischen Raum an Hand einer repräsentativen Station die schnee- und glättebringenden Wettertypen zu untersuchen und zu klassifizieren. Es wird also mit dem in der Hauptsache betrachteten Schneefall nur ein Teil des Klimafaktors „Niederschlag“ der Wettertypenklassifikation zugrunde gelegt. Die luftmassenmäßige Arbeitsweise, die Dynamik von Kalt- und Warmluft mit Abkühlung, Frost, Schneefall einerseits und Erwärmung, Tauwetter, Regen andererseits, müssen hier im Vordergrund stehen. VON FICKER (1922, 1926 ua) und BLUTHGEN (1940, 1941) haben in dieser Richtung gearbeitet. Der zweite Teil versucht die Wettertypen in ihrer für längere Zeit der Straßenglätte charakteristischen Wetterlagenabfolge miteinander zu verbinden. Jede Straßenglätteperiode ist bei ihrem Entstehen, Erhalten und Abtauen von einem bestimmten Rhythmus im Wettergeschehen abhängig, der dem von Schneedeckenperioden, die FRITZ (1934) bearbeitet hat, ähnelt, aber in wesentlichen Punkten anders verläuft. Geographisch interessant ist die Dauer der Straßenglätte in den verschiedenen Teilen Nordbayerns, die zum Teil große Ähnlichkeit mit der Dauer der Schneedecke zeigt; vgl. die Karte der Dauer der Schneedecke in Bayern von HAEUSER (1920) bzw. in Deutschland von HEBNER (1928). Ein noch kaum bearbeitetes Gebiet ist die Diagenese von frischgefallenem Schnee, der auf den Straßen festgefahren wird, und langsam durch Druck, Erwärmen, Auftauen und Wiedergefrieren in das für den Autoverkehr so gefährliche Eis übergeht (Eisglätte im Gegensatz zu Schneeglätte oder Glatteis).

Die Grundlage geographischer Arbeitsweise ist die Beobachtung aller Vorgänge und ihre Auswirkungen in der Landschaft. In dieser Arbeit lassen sich verschiedene klimatologische Arbeitsmethoden nutzbringend anwenden und einander gegenüberstellen. Zwei klimatologische Arbeitsweisen charakterisieren jeden Teil: die synoptisch-dynamische und die statistische Methode. Erstere gründet sich auf den einzelnen, jedoch niemals sich genau wiederholenden, einmaligen Fall; z. B. für Mitteleuropa auf die dreidimensionale dynamische Bewegung der Luftmassen in re- und degenerierenden Prozessen über Nordatlantik, Europa und Mittelmeer, ihre Bewegungsrichtungen, Zugbahnen und wetterwirksamen Fronten und zuletzt die für die einzelnen Räume Nordbayerns oft ganz spezifische Ausgestaltung des Wetters. Die zweite Methode bringt die herkömmlichen, für jede Klimabearbeitung erforderlichen klimatologischen Mittelwerte, die Aufschluß über die zeitliche und regionale Verteilung der meteorologischen Einzelelemente bzw. ihres typischen Zusammenspiels (Wettertypen) geben. Da diese Arbeit in erster Linie für einen geographischen Leserkreis bestimmt ist, wird der Besprechung der Schneefallwettertypen eine kurze allgemeine Beschreibung der dabei vorkommenden Wettervorgänge und ihrer Auswirkungen auf Straße und Verkehr vorangestellt. Maßgebend für die Auswertung der Beobachtungen bleibt immer die zuweilen stark angegriffene, weil überbetonte, statistische Methode. Nach dem heutigen Stand der Meteorologie aber genügt für klimatologische Arbeiten eine nur statistische Auswertung des vorhandenen umfangreichen

Materials nicht mehr. In den letzten dreißig Jahren sind in der Meteorologie große Fortschritte erzielt worden — Wetterkarten verschiedener Höhen und dreidimensionale Betrachtungsweise werden „Allgemeingut“ — sodaß auch die moderne Länderkunde neben der die Grundlage bildenden „Mittelwertklimatologie“ eine synoptische Darstellung des Wettergeschehens in den behandelten Gebieten erfordert (vgl. hierzu LAUTENSACH, 1940).

Da sich diese Arbeit vorwiegend mit klimatologischen Problemen befaßt, werden meteorologische Aufgabenstellungen, wie z. B. Steuerungsprobleme oder Vorhersagemöglichkeiten, nur am Rande berührt, soweit sie zur Darstellung des typischen Witterungsablaufes mit Schneefall und Straßenglätte von Bedeutung sind. Selbstverständlich gehören neben den Bodenwetterkarten, die Karten der verschiedenen absoluten Topographien (wichtig für die Verfolgung von Trajektorien bzw. der Luftströmung in der Höhe) und der relativen Topographie 500 über 1000 Millibar (besonders wichtig z. B. für die Bearbeitung von Höhentiefs), sowie die Radiosondenaufstiege, zum unentbehrlichen Arbeitsmittel des Klimatologen. Für die Untersuchungen über Schneefall, Schneemenge und Straßenglätte wurden die „Monatstabellen für meteorologische Stationen“ von Nürnberg-Buchenbühl (335 m) verwendet, das als sehr zuverlässig gilt und seit 1946 besteht. Es ist die einzige Station Nordbayerns, die auch im Winter die Straßenglätte regelmäßig während dieses Zeitraums registriert. Die Beobachtungsstation liegt im Norden der Stadt Nürnberg inmitten eines Villenvorortes. Die Bebauung ist nicht zu eng und das Gelände ist flach, so daß etwa Temperatur-, Niederschlags- und Windmessungen kaum beeinträchtigt werden. Freie Grasflächen und nahestehender Wald fehlen. Damit unterbleibt eine stärkere Beeinflussung der Beobachtungsergebnisse durch besondere eigenklimatische Züge, wie zu starkes Herausheben bzw. Verwischen von Extremwerten. Die Eintragungen über die Straßenglätte, vor allem deren Dauer, geben den winterlichen Straßenzustand weniger verkehrsreicher Straßen außerhalb des Stadtverkehrs an.

Es wäre natürlich besser gewesen, die Klassifikation der Wittertypen auf die Beobachtungen von zwei oder drei nordbayerischen Stationen aufzubauen. Im Untersuchungsgebiet steht aber keine Station mehr zur Verfügung, die die Straßenglätte regelmäßig und während eines längeren Zeitraums registriert. Aus der Koordination der einzelnen Stationswerte hätten sich schon hier interessante regionale Verschiedenheiten feststellen lassen können.

Die Verteilung der Straßenglätte in Nordbayern ist das Ergebnis der Auswertung von Meldungen über den winterlichen Straßenzustand, die die Straßenmeistereien täglich um 6 Uhr an die zuständigen Straßenbauämter geben. Für Nordbayern sind Nürnberg und Regensburg die Sammelstellen der einzelnen Straßenbauämter. Von dort gehen die Meldungen an das Wetteramt Nürnberg und an das Bayerische Straßenbauamt in München, das an das Bundesverkehrsministerium weitermeldet. Im Winter wird der Straßenzustand täglich im Überblick über den Rundfunk verbreitet. Die Meldungen werden mit Zahlen verschlüsselt:

0 = Straßenzustand normal	5 = Neuschneedecke unter 15 cm
1 = Schneematsch, tauend	6 = Neuschneedecke über 15 cm
2 = Eisglätte und Glatteis, tauend	7 = Altschneedecke
3 = Eisglätte und Glatteis	8 = Verwehungen
4 = festgefahrene Schneeglätte	9 = durch Hochwasser überflutet

Nach diesem Schlüssel wird der Straßenzustand der beiden letzten Winter (1958/59, 1959/60) gemeldet; in jedem der drei vorhergegangenen Winter ist ein anderer Schlüssel verwendet worden. Vom Winter 1958/59 ab sind die Schlüsselzahlen der Straßenmeldeabschnitte geändert, die Meldeabschnitte selbst teils zusammengefaßt, teils geteilt worden, sodaß für die Karte der Dauer der Straßenglätte pro Winter die Ergebnisse über der Hälfte aller Straßenabschnitte nach der sogenannten Interpolationsmethode erst berechnet werden mußten.

Der winterliche Straßenzustand und die dazugehörige Wetterkarte (06 Uhr, 00 Uhr oder auch 18 Uhr Vortag) wurden, wegen der Inhomogenität des Materials, pro Tag in eine Arbeitskarte eingetragen. Dadurch ergab sich aus den Sammelmeldungen der verschiedenen Straßenbauämter ein einheitliches Bild über den täglichen Straßenzustand in Nordbayern, sowie seiner Veränderung von Tag zu Tag. Durch diese

Arbeitsmethode ließ sich eine beträchtliche Vereinfachung der Arbeitsvorgänge erzielen. Es konnten leichter Beobachtungs- und Übermittlungsfehler erkannt und Lücken ausgefüllt werden.

Die Verschlüsselung der Verkehrsmöglichkeiten kann außer acht gelassen werden, da je nach Straßenräumplan bzw. Maschineneinsatz zur täglichen Meldezeit um 6 Uhr bereits ein Teil oder schon alle Straßen von Behinderungen durch vorhergegangenen starken Schneefall oder durch Verwehungen frei sind (Bild 2).

B) Klassifikation von Schneefallwettertypen

1. Methode der Klassifikation

Die synoptische Klimatologie betrachtet nicht jedes meteorologische Element für sich, sondern sie sucht Perioden herauszuschälen, in denen das Verhältnis der prozentualen Anteile der verschiedenen Einzelelemente etwa gleich bleibt (z. B. Hochdruck- oder Regenwetter). Nach witterungsklimatologischen Grundsätzen ist die folgende Klassifikation der Wettertypen aufgebaut.

Bei der Einteilung von Wettertypen, die Schneefall und Glättebildung verursachen, wird primär vom Wettergeschehen in Nordbayern ausgegangen (vertreten durch Nürnberg-Buchenbühl) und dann rückwirkend die Wetterentwicklung über ein größeres Gebiet verfolgt, das je nach Erfordernis außer Europa das Mittelmeer, das europäische Nordmeer und den Nordatlantik umfaßt. Der Wettertyp wird in erster Linie von Luftmassentransport, von Einfluß von Land und Meer auf den Charakter der Luftmasse und von frontalen Vorgängen an ihren Grenzen bestimmt. Es genügt also nicht eine Bildbeschreibung der einzelnen Wetterkarten pro Tag. Die Betrachtung der Wetterentwicklung muß dreidimensional aufgebaut sein. Ohne diese Forderung kann z. B. bei Glätteiswetterlagen nicht mit Sicherheit entschieden werden, ob die Feuchtigkeit schon aus aufgleitender Warmluft aus westlichen Richtungen oder noch aus einer Nebelschicht bei Hochdruckwetter kommt. Bei Troglagen über Mitteleuropa mit einem Tief über dem nördlichen Mittelmeer müssen Höhenkarten und Radiosondenaufstiege mit herangezogen werden, um genau sagen zu können, ob der Niederschlag noch aus eingeströmter Kaltluft oder schon aus aufgleitender Mittelmeerwarmluft fällt. Die sehr wetterwirksamen Kaltlufttropfen können wegen ihres eigentümlichen Aufbaus nur auf Grund von Höhenbeobachtungen erkannt werden, wenn sie über Mitteleuropa mit der allgemeinen Windrichtung triffen, die am Südrande von Hochs über Skandinavien und dem Nordmeer herrscht.

Wie schon in der Einleitung angedeutet, ist für eine Untersuchung der winterlichen Straßenglätte und der schneebringenden Wettertypen vor allem der Gegensatz von Kalt und Warm wichtig. Abgesehen von Ein- und Ausstrahlungsvorgängen, besonders im Bereich von Hochdruckgebieten, sind die bei uns im Winter wirkenden Temperaturen größtenteils advektiv. Die Verdunstung über dem Land ist in der kalten Jahreszeit wesentlich eingeschränkt. Der fallende Niederschlag kommt zum überwiegenden Teil aus einströmenden maritimen Luftmassen, die entweder warm und „feucht“ (Subtropikluft) oder kalt und von unten her labilisiert (maritime Polarluft) sind. Die Rolle der Kaltluft ist bei Schneefall am wichtigsten. Sie ist für die Labilität und Schauerneigung bei zyкло-

nalen Kaltlufteinbrüchen durch Voreilen in der Höhe verantwortlich (DINIES, 1947). Warmluft, die auf Kaltluft aufgleitet, bringt Schnee und Regen; sie taut aber auch Schnee ab, sobald sie sich bis zum Boden durchgesetzt hat. Bei der vorzunehmenden Typisierung der Wettervorgänge nach dem Schneefall muß die luftmassenmäßige Arbeitsweise im Vordergrund stehen. Erstens rechtfertigt dies der alle Wettervorgänge beherrschende Gegensatz von Kalt- und Warmluft (relativ gesehen), und zweitens fordert dies die geographische Erfäßbarkeit der verschiedenen wetterwirksamen Luftmassen mit ihren charakteristischen Eigenschaften, die je nach Herkunft auch eigenbürtige Klimazüge der Landschaft immer wieder überdecken. Statt der bisher in Klimadarstellungen üblichen getrennten Darstellung der meteorologischen Einzelelemente steht heute die Erklärung ihrer geographischen Verteilung als Resultat synoptischer Betrachtungsweise im Vordergrund, denn das Klima eines geographischen Raumes kann z. B. durch das Zusammenspiel von Luftmassen (VON FICKER, BLUTHGEN) oder durch den Jahresgang von Großwettertypen (FLOHN, 1954) erklärt werden.

BLUTHGEN gibt in einem Aufsatz (1941) eine stark luftmassenmäßige Gliederung des Winters, die besonders das dynamisch-effektive Element winterlichen Wettergeschehens heraushebt, nämlich „den Ablauf der Witterung und damit das Klima... als eine Folge ineinandergreifender bzw. sich ablösender Vorgänge...: Kaltluftvorstöße und Wärmewellen" (S. 246). In einer anderen früher erschienenen Arbeit definiert BLUTHGEN (1940) den winterlichen Kälteeinbruch (im Gegensatz zur Wärmewelle) durch das Einströmen von Luftmassen, die eine deutliche Temperaturabnahme in irgendeinem Teil Europas bis zum Gefrierpunkt und darunter bringen. Ein gutes Hilfsmittel zur Klassifikation der schnee- und glättebringenden Wettertypen stellt auch die von HESS und BREZOWSKY (1952) hauptsächlich auf Grund von Steuerungsvorgängen ausgearbeitete Großwetterlagenklassifikation für Mitteleuropa dar. FLOHN faßt diese Großwetterlagen nach klimatologischen Gesichtspunkten (Luftmassentransport und Wetterwirksamkeit) in 8 Großwettertypen zusammen (1954, S. 60). Für unsere Zwecke, den Klimafaktor Schnee in einem enger begrenzten Gebiet näher zu untersuchen, kann aber diese Klassifikation nicht angewandt werden. Sie gilt allgemein für das ungleich größere und vielgestaltige Mitteleuropa (vgl. auch FLOHN, 1951, S. 274), wobei ein und dieselbe Großwetterlage in seinen einzelnen geographischen Räumen ganz verschiedene Wettervorgänge auslösen kann, wie z. B. SEz, BM, Ww, HNFA und HNFz (Bezeichnungen nach HESS und BREZOWSKY). Auch sind einige Großwetterlagen im Hinblick auf klimatologische Untersuchungen zu allgemein gefaßt. Als Beispiel hierfür seien die Westwetterlagen genannt (Wz und Ws). Sie verkörpern zwar den Typ der zonalen Zirkulation, bestehen aber durch Aufspaltung der Polarfront innerhalb der nach Osten ziehenden Zyklonenfamilien abwechselnd aus Nordwestkaltlufteinbrüchen und Südwestwärmewellen (Bezeichnungen nach BLUTHGEN). Im Winter ist der allgemeine Charakter dieser Wetterlagen zu mild, von ihr geprägte Witterungsperioden sind über den Durchschnitt warm (Wintertyp D nach TEISSERENC DE BORT)¹⁾, es herrscht abwechselnd Schneefall, meist

¹⁾ aus HANN-SURING, Lehrbuch der Meteorologie, 2. Band, 1951⁵, S. 919.

Schnee mit Regen vermischt, und Tauwetter ohne längere Schneedeckenperioden für größere Gebiete. Maßgebend für die Klassifikation dieser Großwetterlagen ist eben nur der „mittlere Zustand“ der unteren Atmosphäre (nach der Definition von BAUR, 1936), in der Hauptsache die 500-Millibar-Fläche und erst an zweiter Stelle das Isobarenbild am Boden. Die verschiedenen Wettervorgänge haben auf die Einteilung in die betreffende Großwetterlage nur sekundäre Bedeutung. Eine Kombination der Großwetterlagen mit den herangeführten schneebringenden Luftmassen ist wegen der großen Zahl der Südwest-, Nordwest- und vor allem Westlagen, die maritime grönländische Polarluft (mP) auf der Rückseite ihrer Tiefs heranzuführen und den Charakter von Kaltlufteinbrüchen haben, nicht möglich. Auf dieses Problem wies schon VON FICKER (1922) hin. Auch HESS und BREZOWSKY (1952) deuten diese Tatsache bei Beschreibung der Witterung dieser Großwetterlagen an. Das Ende von Straßenglätteperioden kann in der Regel Westlagen zugeschrieben werden. Treten aber diese Großwetterlagen (nach HESS und BREZOWSKY) als maskierte Kaltlufteinbrüche (nach VON FICKER, 1926) auf, oder sorgen nächtliche Ausstrahlungsvorgänge bei eingeschalteten Zwischenhochs, die wegen ihrer flachen Ausprägung bei Westwetterlagen nicht als Hochdruckwetterlagen ausgeschieden werden, für die Erhaltung von Schneedecke und Straßenglätte, so können den Westwetterlagen milde Witterung und Taueffekt nicht mehr vorbehaltlos zugeschrieben werden. Auf Grund dieser Tatsache könnte man die von KLOPPPEL (1938) gefundenen drei Wetterlagen bei Betrachtung der starken Schneefälle des Thüringer Waldes noch mehr untergliedern. Eine mehr auf das Dynamische des winterlichen Witterungsablaufes gezielte Gliederung der die Schneedecke beeinflussenden Wetterlagen hat FONTAINE (1959) für die französischen Westalpen versucht. Seine sechs Typen sind nach Gesichtspunkten des Luftmassentransports ausgewählt, zeigen natürlich die besonders günstige Lage der Westalpen zu Atlantik und Mittelmeer.

Die Klassifikation der einzelnen Wettertypen, die sich durch Schneefall auszeichnen, folgt also in erster Linie dem Verhalten von Kaltluft und Warmluft, das BLÜTHGEN (1941) seinen 11 Typen von Kaltluftvorstößen und Wärmewellen über Europa zugrundegelegt hat, jedoch mit charakteristischen, auf den wirtschaftsgeographischen Zweck zugeschnittenen Abwandlungen. Die Benennung der Typen erfolgt nach geographischen Gesichtspunkten, ähnlich der von FLOHN (1954, S. 60) gebrachten Zusammenfassung der Großwetterlagen nach HESS und BREZOWSKY. Die Grundsätze der Klassifikation können wie folgt zusammengefaßt werden:

1. Die Klassifikation ist aufgebaut auf einem Teil des Klimafaktors „Niederschlag“, nämlich auf Schneefall, bzw. Regen bei Glatteiswettertypen.
2. Die Betrachtung des Wettergeschehens muß sich in erster Linie auf die Dynamik der beteiligten Luftmassen stützen.
3. Die Bezeichnung des einzelnen Wettertyps spiegelt genetische, dynamische und effektive Momente wider, die der jeweils betrachteten Wittersituation zugrunde liegen.
4. Die Klassifikation dient klimatologischen und wirtschaftsgeographischen Zwecken, wie sie die Geographie im Rahmen der Länderkunde fordert.

Die schneefallbringenden Wassertypen in Nordbayern
(nach Nürnberg-Buchenbühl als repräsentativer Station)

- I. Nordwest- und Nordlagen (zyklonaler Kaltlufteinbruch)**
 1. Nordwestlagen
 2. Schleifzonenlagen (West-Ost-Richtung), vgl. Typ VI 14
 3. Nordlagen
- II. Warmluftmodifizierte Nordwestlagen**
 4. Warmluftmodifizierte Nordwestlagen (schwache Ausprägung)
 5. Schleifzonenähnliche Nordwestlagen (Nord-Süd-Richtung)
- III. Nordost- und Ostlagen (antizyklonaler Kaltlufteinbruch)**
 6. Beginnender kontinentaler Kaltlufteinbruch
 7. Kontinentale Ostlagen
- IV. Winterliche Kaltlufttropfen (Höhentiefs)**
 8. Kaltlufttropfen und antizyklonale Ostlagen
- V. Südost-Aufgleit-Lagen**
 9. Ostlagen und Aufgleiten von Mittelmeerluft
 10. Troglagen und Aufgleiten von Mittelmeerluft
- VI. West- und Südwestlagen (atlantische Warmluft)**
 11. Winkelwestlagen
 12. Westlagen
 13. Südwestlagen
 14. Schleifzonenlagen (West-Ost-Richtung)

Ein Wassertyp, der für die Bildung von Straßenglatte noch von Wichtigkeit ist, ergibt sich bei Betrachtung der Glatteiswetterlagen. Niederschlag, der zu Glatteisbildung führen kann, kommt in drei bearbeiteten Fällen aus Boden- bzw. Hochnebel. Bei Kaltlufteinbrüchen aus westlichen bis nördlichen Richtungen (Typ I) kann man als weiteren Typ den „maskierten Kaltlufteinbruch“ (nach VON FICKER, 1926) ausgliedern. Dieser Wassertyp zeichnet sich durch Erwärmung am Boden (nach Wegräumen einer Kaltluft Haut) und Abkühlung in der Höhe aus. Er ist besonders bei Glatteiswetterlagen wichtig.

Der Vollständigkeit halber muß aber noch ein Wassertyp angeführt werden, der allerdings auf Nordbayern kaum noch Einfluß zu haben scheint. Gelegentlich werden um ein sich nach Westen verlagerndes Hoch über Skandinavien (HF) maritime Polarluftmassen über Barentsmeer, Finnland und die Ostsee gegen Mitteleuropa geführt. Diese Luftmassen treffen auf die vorher nach Mitteleuropa eingeströmte kontinentale Kaltluft und verursachen leichte Aufgleitschneefälle. Da in den 14 untersuchten Wintern nur ein Fall einer warmluftmodifizierten Nordostlage vorkam (vgl. C, 2 c), wurde darauf verzichtet, diesen für das winterliche Wettergeschehen in Nordbayern unbedeutenden Wassertyp in die Klassifikation aufzunehmen.

2. Die einzelnen Wettertypen mit Schneefall

I. Die Nordwest- und Nordlagen

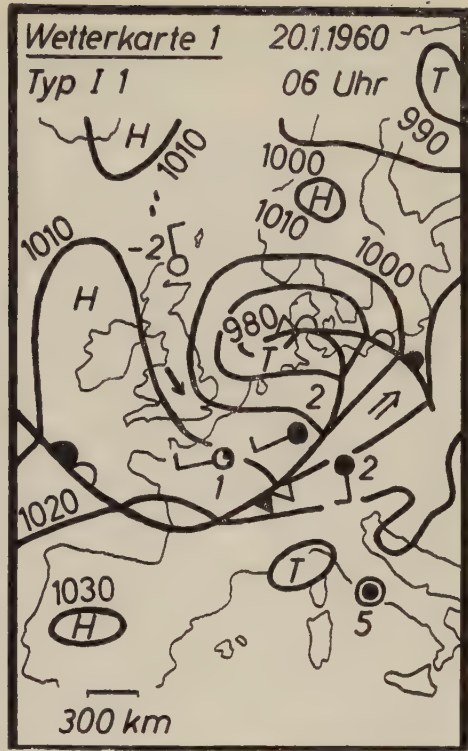
Auf der Rückseite eines über Dänemark, Südschweden oder der südlichen Ostsee nach Osten ziehenden Tiefdruckgebietes, strömt polare Kaltluft von Kanada, Grönland oder dem nördlichen Eismeer her nach Mitteleuropa. Das Nahen der Kaltluft künden lebhaft Regenschauer, die im Winter immer mehr in Schneeschauer übergehen, aus mächtigen Haufenwolken und zunehmende Böigkeit des Windes an. Die Temperatur fällt plötzlich innerhalb einer viertel bis halben Stunde um meist etwa 10 Grad Celsius bis auf 1 bis 3 Grad über dem Gefrierpunkt. Die warme Meeresluft des Warmsektors ist von der Polarkaltluft verdrängt worden. Einige Zeit nach Durchzug der Kaltfront weiten sich die Zwischenräume der Haufenwolken, die Sonne dringt ab und zu durch und die Schnee- und Regenschauer werden episodischer. Infolge des starken vertikalen Temperaturgefälles der eingeströmten Kaltluft, bleibt der Schnee bereits in den Mittelgebirgen und auf den Hochflächen Nordbayerns bei Temperaturen knapp unter dem Gefrierpunkt liegen. Dagegen wird in klimatisch günstigeren Gebieten der Schnee zur gleichen Zeit auf den Straßen schon zu Matsch zerfahren, während die Schneedecke im Gelände sich gerade noch erhalten kann. Die Straßen durchziehen als schwarze Bänder das weiße Land. Es kommen immer kältere Luftmassen heran, und über Nacht erhält oft auch das tiefliegende Maintal eine dünne Schneedecke. Gefriert es im Laufe der Nacht, so wird der liegengebliebene Schnee durch den in der Frühe einsetzenden stärkeren Verkehr auf den Straßen festgefahren.

Die Wetterlage vom 20. 1. 1960 ist kein ausgesprochen typischer Fall, da das Tief über Dänemark nicht immer so stark ausgebildet ist. In Nordbayern gehen die Regenfälle bald in Schnee über, der am 21. 1. 1960 in der Rhön nordwestlich der Fränkischen Saale und dann östlich der Linie Kronach—Bayreuth—Amberg—Regensburg stark verweht wird. Der westliche Teil Nordbayerns liegt bereits unter Zwischenhoch-einfluß. Dieser setzt sich zögernd hinter dem langsam nach Osten ziehenden, schwächer werdenden Dänemarksturmteuf vom 21. 1. bis 22. 1. 1960 für einen Tag in Nordbayern durch.

Bei großen Luftdruckgegensätzen und starkem böigen Wind lagert sich der Schnee vor und besonders nach Hindernissen ab. Es entstehen Verwehungen, die den Verkehr lahmlegen können, sobald sie etwa einen halben Meter Höhe erreicht haben. Die Straßenbauämter stellen meist drei verschiedene Räumpläne je nach Stärke des Schneefalls und der Windgeschwindigkeiten auf, um die Straßen freizuhalten. Ist aber die Schneedecke bereits festgefahren, so muß Sand gestreut werden, um die Rutschgefahr zu vermindern. Der Papp- und Naßschnee behindert vor allem den Bahnverkehr, da er besonders beim Weichenumstellen zwischen Schiene und beweglicher Weichenzone eingepreßt wird. Dadurch wird ein einwandfreies Anlegen der Weichenzungen verhindert. Deshalb müssen bei starkem Schneefall vor allem die Weichen der Bahnhöfe dauernd freigeschaufelt werden. Wird von den Wetterämtern starker Schneefall vorausgesagt, so müssen größere Räumkommandos zu jeder Tages- und Nachtzeit einsatzbereit sein (Bild 3).

Die Nordwest- und Nordlagen sind auf Grund ihrer Anzahl (41%) die wichtigsten Schneebringer unseres Winters, wenn sie auch im allgemeinen Winterwetter nicht so markant hervortreten wie die kalten Ostlagen. Die Nordwestlagen führen maritime Polarluftmassen (mP bzw. mPa; Bezeichnung nach SCHERHAG) heran und gehören dem Typ des zyklonalen Kaltluftvorstoßes nach SCHWERDTFEGER (1943) oder dem Kaltfronttyp 2. Art nach BERGERON (1936, S. 382 ff) an. Die Nordwestlage (Typ I 1) stellt sich bei uns als Folge mehr oder weniger stark mäandrierender (verweilter) Zonalzirkulation auf der kalten Westseite schwacher Höhenträge ein. Am Ende von Nordwestlagen folgt sehr oft ein Azorenhoch- oder -zwischenhochvorstoß (Wetterkarte 1), durch den die eingeflossene Kaltluft zum Teil zur Ruhe kommt.

Die Nordlage (Typ I 3) gehört zu dem Typ der Meridionalzirkulation (Wetterkarte 2). Unser Untersuchungsgebiet befindet sich hier eben-

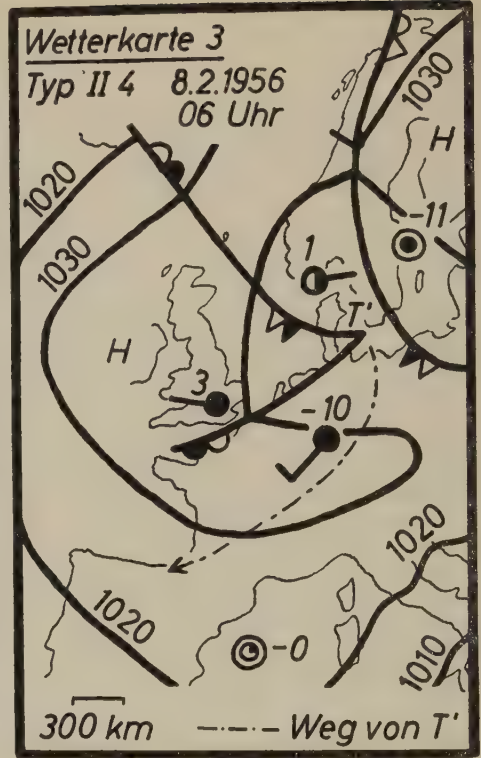
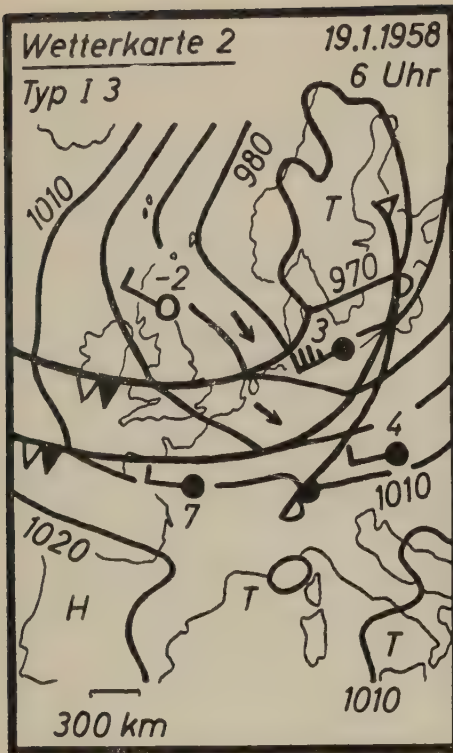


Zeichenerklärung zu den Wetterkarten

T Tief	Kaltluft	→
H Hoch	Warmluft	⇨
▲ Kaltfront (in der Höhe)		▲
● Warmfront (" ")		●
△ Okklusion	Konvergenz	---
○ wolkenlos	windstill	○
☉ heiter	1 m/sek	○—
◐ 1/2 bedeckt	2,5 "	○—
◑ wolkig	5 "	○— —
● bedeckt	7,5 "	○— —
	10 "	○— — —

falls auf der kalten Westseite eines scharfen Höhentrogues über Europa. Auf dem Ostatlantik reicht ein schmaler Hochdruckrücken bis nach Grönland, dem sich dort ein kaltes Bodenhoch anschließt, das auch häufig erst weiter im Norden angetroffen werden kann. Die Hochdruckbrücke von Süden nach Norden wird in diesen Fällen dann im Raume Island von schwachen Störungen durchbrochen.

Nordwest- und Nordlagen sind hochreichende Kaltlufteinbrüche (Nordwestkaltlufteinbrüche nach BLÜTHGEN). Über das oft in mehreren Staffeln erfolgende Vordringen der Kaltluft (Wetterkarte 2) schreibt DINIES (1947, S. 37): „In der kälteren Jahreszeit, wo in der Regel einer von Westen heranrückenden Kaltfront eine Warmfront mit Aufgleitniederschlägen vorangeht, treten oft schon im Gebiet der Vorderseite Cumulonimben auf, welche die Vorderseitenschichtbewölkung durchsetzen und häufig bis über 5—6 km hochreichen... Die Folge dieser Cb-Bildung ist der an Intensität wechselnde, zeitweise Schauerform annehmende Niederschlag auf der Vorderseite der Depression. Die Form des Niederschlags ist hier bedingt durch das normale Aufgleiten und die im Aufgleitgebiet gleichzeitig auftretenden feuchtlabilen Umlagerungsprozesse. Das Vorgehen der Schauerbildung hängt... ab von der Differenz der Windgeschwindigkeiten oben und unten. Je stärker der Wind mit der Höhe zunimmt, desto weiter greift die Labilisierung auf die Vorderseite des Tiefs über.“ Diese Labilisierung von oben her beginnt bei geringerer Differenz der Windgeschwindigkeiten in der Regel erst im Warmsektor

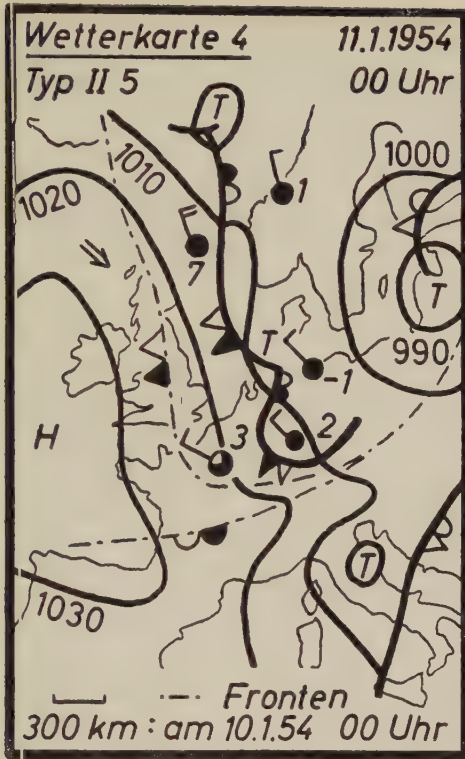


des Tiefs und ist am stärksten direkt vor der Kaltfront. Nach Durchzug der Front und Aufheiterung beginnt erneut die Schauertätigkeit durch Konvektionsvorgänge infolge Einstrahlung und Anheizung der Kaltluft von unten her. Vielfach gehen erst hier die Regen- und Schneefälle der Einbruchsfrent in reine Schneeschauer mit Bildung einer geschlossenen Schneedecke und Straßenglätte über, für deren Erhaltung die nächtliche Ausstrahlung, gefördert durch Erlahmen der Konvektionsströme von unten her, sorgt.

Zu den Nordwestlagen wurden auch noch die Fälle gezählt, bei denen sich nach einem zyklonalen Kaltlufteinbruch über Mitteleuropa eine mindestens einen Tag dauernde quasistationäre Frontalzone bildet (Schleifzone nach der Definition von BERGERON-SWOBODA, 1924, S. 74 bzw. 164). Eine Schleifzonenlage wurde dann zu den Nordwestlagen gezählt, wenn sich die Frontalzone nach einiger Zeit nach Süden verlagert, der Wettertyp also den Charakter eines Kaltlufteinbruches besitzt. Analog wurde ein Fall der umgekehrten Verlagerung bzw. Aufrollung der Schleifzone zu den West- und Südwestlagen gezählt (vgl. Wetterkarte 10).

II. Die warmluftmodifizierte Nordwestlagen

Aus einer eintönig grauen Schichtbewölkung schneit es unaufhörlich. Von Zeit zu Zeit können je nach Verlauf der Frontalzone zwischen den kalten Luftmassen im Osten und den wärmeren im Westen die Temperaturen und die Windrichtung zwischen West und Nord schwanken. Im großen und ganzen herrscht immer der gleiche



Witterungscharakter. Das Land überzieht sich je nach Stärke der Wettervorgänge einheitlich mit einer Schneedecke, die durch stärkeren Wind aus nördlichen Richtungen verweht werden kann. Besonders große Schneehöhen oder starke Verwehungen entstehen, wenn der Wettertyp über mehrere Tage andauert. Die Straßen müssen in niederschlagsreichen Gebieten — besonders dort, wo sich der Luftmassenstau durch große Schneemengen bemerkbar macht — mehrmals am Tage geräumt werden, da allein die großen Schneehöhen schon zu Verkehrsstockungen führen können. Da die am Wettergeschehen beteiligten Luftmassen bei der schleifzonenähnlichen Nordwestlage kälter sind als die der West-Ost-Schleifzonenlage (Typ I 2), fällt hier überwiegend Schnee, während bei letzterer der Regenanteil ungleich größer ist und damit die Überschwemmungsgefahr steigt.

Bei der schwächeren (Wetterkarte 3) und der schleifzonenähnlichen (Wetterkarte 4) Ausprägung dieses Wettertyps herrscht nahezu die gleiche Großwetterlage über Europa. Maßgebend ist ein steuerndes Hoch im Raume der Britischen Inseln, an dessen Ostflanke Störungen nach Süden gesteuert werden (vgl. Nordwest-Wärmewelle nach BLUTHGEN). Bei der schwachen Ausprägung der warmluftmodifizierten Nordwestlage durchbricht in der Regel ein schwächeres Tief die eben hergestellte Verbindung zwischen den Hochdruckgebieten über Nordrußland und den Britischen Inseln (NE nach HESS und BREZOWSKY). Die starke Ausprägung dieses Wettertyps zeigt zwischen diesen beiden Hochs ein kräftiges Tief im Raume der Ostsee, das dort stationär wird und sich langsam auffüllt. An der meist nach Südosten verlaufenden Frontalzone zwischen den maritimpolaren Luftmassen auf der Rückseite des Ostseetiefs und den gealterten Polar- bzw. Subtropikluftmassen des Hochs über den Britischen

Inseln entwickeln sich Wellenstörungen parallel zur meridionalen Boden- und Höhenströmung (vgl. Veränderung der Fronten vom 10. 1. 54 zum 11. 1. 54; Wetterkarte 4). Diese einige Zeit quasistationär verlaufende Frontalzone muß nach der Definition von BERGERON-SWOBODA (1924, S. 74 bzw. 164) ebenfalls als Schleifzone bezeichnet werden. Diese Wetterlage hat sämtliche Merkmale (einschließlich hoher Niederschlagsmengen — Wetterkarte 4 — am 11. 4. 54 in Nürnberg-Buchenbühl 11,8 mm Schnee) wie die von den beiden Autoren in ihrer grundlegenden Arbeit zuerst als Schleifzone bezeichnete breitenkreisparallele quasistationäre Frontalzone.

III. Die Nordost- und Ostlagen

Bei Zufuhr kalter trockener Kontinentalluft herrscht meist schneidende Kälte, die in wolkenlosen Nächten durch die Ausstrahlung über einer vorhandenen Schneedecke noch bedeutend verschärft wird (z. B. Tagesmittel vom 9. 2. 1956 in Nürnberg-Buchenbühl $-20,6$ Grad; s. Wetterkarte 5). Die Kälte ist außerdem durch den schwachen, oft aber auch mittelstark wehenden Ostwind infolge der Hochrandlage unseres Gebietes, der die zu Beginn einer Ostlage fallenden größeren Aufgleitschneemengen stärker verwehen kann, noch besonders unangenehm. Am Tage steigen die Temperaturen durch die Sonneneinstrahlung besonders ab Februar stark an und können sogar den Gefrierpunkt erreichen. Die Schneedecke schrumpft zusammen und verharrt im Laufe der Zeit an ihrer Oberfläche. Die Straßenglätte taut allmählich ab. Es gibt aber auch Tage mit einzelnen Haufenschichtwolkenfeldern (Stratocumulus), die durch das Emporheben der wärmeren Luftmassen durch die aus Osten einströmende Kaltluft entstehen. Gelegentliche leichte Schneefälle unterbrechen das eintönige Grau des Tages, an dem die Temperaturen durch das Fehlen der Sonne nur wenige Grade über das nächtliche Minimum steigen. Die gleiche kältererhaltende Wirkung haben Hochnebelsschichten unter einer Inversion bei einem festländischen Hoch oder auch hohe Wolkenfelder, die sich wie ein Fächer vom Mittelmeer oder von Westeuropa her nach Nordbayern erstrecken. Fällt aus diesen Wolken Schnee, so sprechen wir von einem anderen Wettertyp, obwohl die Witterung den Verhältnissen, die unter einem in der kalten Festlandsluft nach Westen triftenden größeren Wolkenfeld herrschen, durchaus ähneln kann. Durch die starken Fröste frieren die Wasserstraßen zu. Der Schiffsverkehr ruht. Ein Teil der nicht aufschiebbaren Transporte muß vom Straßen- und Bahnverkehr übernommen werden, die ihrerseits wieder stark mit der Kälte zu kämpfen haben. Die Motoren benötigen längere Zeit zum Warmlaufen. Die Schmieröle werden zähflüssig. Bei der Bahn frieren häufig die Weichen ein. Durch die nächtliche Abkühlung und die dadurch bedingte zunehmende Sättigung der Luft mit Wasserdampf bilden sich Eiskristalle an den kalten Eisenteilen, die die Weichenzungen festfrieren lassen. Größere Zugverspätungen können die Folge sein.

BLUTHGEN (1940) bezeichnet diese Wettertypen als Nordost- und Südostluftvorstöße. Von den Großwetterlagen nach HESS und BREZOWSKY kommen folgende in Frage: NE, HFa, HFz, HNFa, HNFz und SEa. Kalte kontinentale Luftmassen (cP und cPa nach SCHERHAG) dringen aus östlichen Richtungen nach Mitteleuropa vor. Hierzu schreibt DINIES (1947, S. 40): „Meist fehlt die Verbindung zu einem Tief, die Front (Kaltfront 1. Art nach BERGERON, 1936, S. 382/383. Anm. d. Verf.) bildet sich in der Regel unabhängig durch Vordringen der Kaltluft aus einem Hochdruckgebiet, sei es, daß durch eine Änderung der Temperaturverhältnisse (z. B. erhöhte Ausstrahlung), sei es, daß durch ein hohes Steig- oder Fallgebiet das bisherige Gleichgewicht bzw. Druckfeld geändert wird und dadurch die Kaltluft gegen die davorliegende Warmluft vordringt“. Diesen Vorgang bezeichnet SCHWERTFEGGER (1943) als antizyklonalen Kaltluftvorstoß. Die Windgeschwindigkeiten nehmen nach der Höhe zu ab. Das Vordringen der Kaltluft verläuft im Gegensatz zum zyklonalen Kaltlufteinbruch (Typ I) viel ruhiger und ohne Böen- und Schauerbildung.

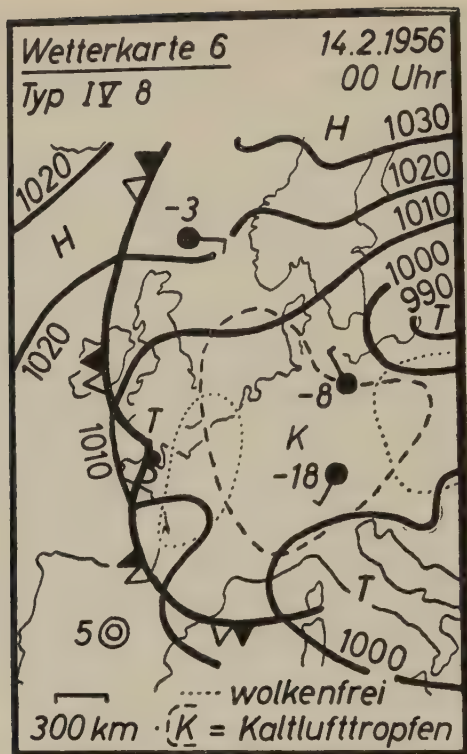
Nur bei größeren Luftdruckgegensätzen kommt es gelegentlich vor, daß die Kaltluft mit höheren Windgeschwindigkeiten in den unteren Schichten nach Mitteleuropa einströmt, die vorgelagerte wärmere Luft zum Aufgleiten bringt und teils erhebliche Schneefälle verursacht (Typ III 6).

Hierbei kommt es vor allem im Osten Nordbayerns durch Düsenwirkung in tiefer gelegenen Teilen der deutschen Mittelgebirge (sog. Böhmischer Wind, vgl. Teil C, 4) gelegentlich zu größeren mittelhohen (bis 1 Meter durchschnittlich) Verwehungen (Wetterkarte 5, Straßenzustandskarte 9 in Teil C, 2c). Das übrige Nordbayern zeigt durchwegs leichte Verwehungen unter einem halben Meter Höhe. Damit wurde schon angedeutet, daß der Typ des antizyklonalen Kaltluftvorstoßes auf Grund der Niederschlagsbeobachtungen in zwei Untergruppen aufgeteilt werden muß. Aus dem oben angeführten Zitat nach DINIES geht diese Unterscheidung bereits hervor. Sehr hohe Niederschlagsmengen verursacht der antizyklonale Kaltlufteinbruch bei Vordringen gegen ein über Mitteleuropa befindliches Tief (s. eingetragene Zugbahn des am 9. 2. 56 noch über Frankreich erkennbaren Tiefs aus Wetterkarte 5). Hierbei spricht man von passivem Aufgleiten der Warmluft (Typ III 6). Bald hören die frontalen Niederschläge auf, da die anfangs starke Aufgleitbewegung der Warmluft über dem verhältnismäßig flachen Kaltlufteinbruch zunehmend geringer wird. Hohe Kältegrade (advektiv und durch Ausstrahlung über der Schneedecke) und geringe episodische Schneefälle aus mitgeführten Stratocumulusfeldern kennzeichnen dann den folgenden zweiten Typ (III 7). Er wirkt in erster Linie straßenglätteerhaltend.

IV. Winterliche Kaltlufttropfen (Höhenzyklonen) und antizyklonale Ostlagen

Die Witterung dieses Wettertyps hat Ähnlichkeit mit der von kalten kontinentalen Ostlagen. Driftet ein Kaltlufttropfen mit einer schwachen Ostströmung langsam über Mitteleuropa nach Westen und bestimmt er dadurch längere Zeit das Wetter Nordbayerns, so wiederholen sich in unserem Untersuchungsgebiet durch die den Tropfen umkreisenden wolkenlosen und bewölkten Gebiete mehrmals die gleichen Wettervorgänge. In den wolkenlosen Gebieten herrschen starke nächtliche Strahlungsfröste, aber auch größere tägliche Sonneneinstrahlung. Zwischen den wolkenfreien Gebieten (in der Regel zwei) liegen größere Wolkenfelder, aus denen es schneit. Der trockene Pulverschnee wird von östlichen Bodenwinden häufig verweht. Der Bodenbeobachter kann zwischen beiden Wettertypen III und IV kaum einen Unterschied feststellen, da beide ungefähr den gleichen Wettercharakter aufweisen und ähnliche Verkehrsschwierigkeiten verursachen. Im allgemeinen ist die Schneefallsituation bei einem Kaltlufttropfen insgesamt anhaltender als beim Vorstoß eines kontinentalen Hochdruckgebietes von Typ III 6.

Die in den kalten antizyklonalen Ostströmungen häufig festgestellten Kaltluftzentren mit eigenbürtiger Zirkulation (Kaltlufttropfen) machen in Nürnberg-Buchenbühl immerhin 10% aller Tage mit Schneefall aus. Auf Grund der Bodendruckverhältnisse und des allgemeinen Wettercharakters (für den Bodenbeobachter) könnte man diesen Wettertyp zu den Nordostlagen und Ostlagen rechnen (Wetterkarte 6). Im Bodendruckfeld ist der Kaltlufttropfen nicht zu erkennen, denn das Gewicht der Kaltluftmasse, deren Zentrum in der mittleren Troposphäre in 3—4 km Höhe liegt, wird durch einen über ihr in der oberen Troposphäre und unteren Stratosphäre liegenden pro Raumeinheit leichteren Warmluftkörper ausgeglichen. Der Kaltlufttropfen ist mit Sicherheit nur in der Karte der



relativen Topographie 500 über 1000 Millibar als abgeschlossenes Kältegebiet zu erkennen (im Gegensatz zu noch nicht abgeschnittenen Kaltluftzungen meridionaler Ausbrüche polarer Kaltluft). Ferner zeigt die Karte der absoluten Topographie von 500 Millibar das in sich geschlossene Höhentief (Wetterkarte 6).

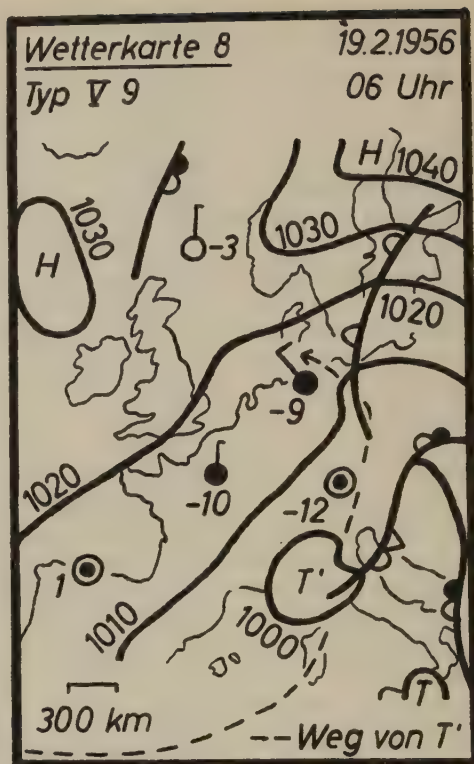
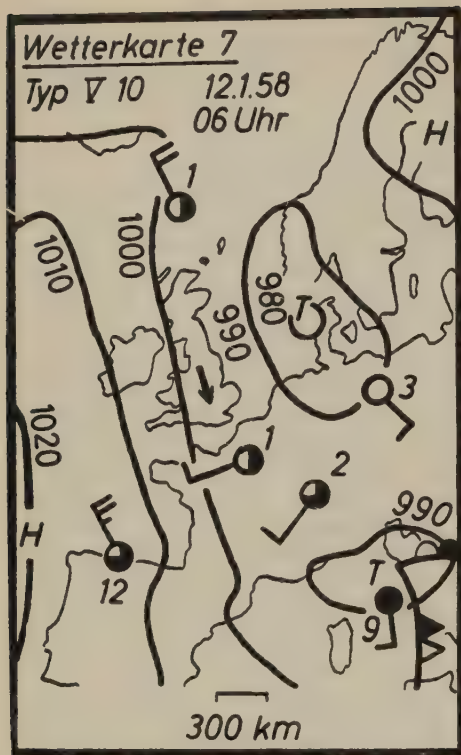
Winterliche Kaltlufttropfen über Europa kommen nur bei Ostlagen vor. Wie KRUHL (1948) betont, schließen sich Kaltlufttropfen und Westwetterlage im selben Raum aus. Der Warmluftvorstoß aus Süden, der einen Teil eines polaren Kaltlufteinbruches abschnürt, hat den Aufbau eines nördlich des Kaltlufttropfens gelegenen Hochs zur Folge. Damit liegt der Kaltlufttropfen auf der Südseite dieses Hochs und trifft mit etwa 80% des Bodengradientwindes in der Ostströmung nach Westen (vgl. SCHERHAG, 1948, S. 228).

Von den 33 festgestellten schneebringenden Kaltlufttropfen der Winter 1946/47 bis 1959/60, werden 5 erst über Mitteleuropa oder der Nordsee, aber 19 bereits über Skandinavien abgeschnürt. 6 Kaltlufttropfen kommen aus dem russischen Raum. Sie werden im Gegensatz zu den ersten 24 Fällen nicht von einem zyklonalen Kaltlufteinbruch, sondern von einem antizyklonalen Kaltluftausbruch aus Kältegebieten des russischen Winterhochs abgeschnürt. Bei zwei Fällen vereinigt sich ein Kaltlufttropfen nordatlantischer mit einem skandinavischer Herkunft. In einem Fall verschmilzt ein gealtertes skandinavisches mit zwei russischen Kältegebieten.

Eingehende Untersuchungen über winterliche Kaltlufttropfen haben BUSCHNER (1951) und JOHN (1953) vom meteorologischen Standpunkt aus vorgenommen. Im Rahmen dieser Arbeit interessiert nur die Frage, ob der Kaltlufttropfen als ein eigener Wettertyp behandelt werden kann. Wie JOHN betont, lassen sich fronthafte Aufgleitvorgänge von Warmluft auf die Tropfenkaltluft nicht nachweisen. Vielmehr umkreisen Aufwind- (bewölkt, siehe Wetterkarte 6) und Abwindfelder (wolkenfrei) innerhalb des Tropfenraums den eigentlichen Kern, der kältesten Masse des Tropfens, pro Tag um 180 Grad. Als mittlere tägliche Erwärmung der Kaltluftmasse kann man nach JOHN (S. 234) 1,5 bis 2 Grad Celsius annehmen. Trifft der Tropfen an seinem zweiten bis fünften Lebenstag in Nürnberg-Buchenbühl ein, so ist die mittlere tägliche Niederschlagsmenge jeweils um knapp 30% pro Tag geringer (2. Lebenstag 2,1 mm — 3. 1,5 mm — 4. 1,1 mm — 5. 0,8 mm). Nordatlantische Kaltlufttropfen (Abschnürung über der Nordsee und Mitteleuropa von zyklonalen Kaltlufteinbrüchen aus Norden bis Nordwesten) haben mittlere tägliche Niederschlagsmengen von 3,6 mm (meist Regen mit Schnee), skandinavische Kaltlufttropfen bringen noch 1,0 bis 1,1 mm (zum größten Teil nur Schnee) und russische nur mehr 0,4 bis 0,5 mm (Schnee). Die Kaltlufttropfen werden mit zunehmender Entfernung vom Ort der Abschnürung (von wo aus sie mit ihrem Eigenleben beginnen) immer „trockener“. Die Niederschlagsbeobachtungen sind demnach ein weiterer Beweis für das eigenständige Leben des Kaltlufttropfens, auf das die umgebende wärmere Luft nur wenig Einfluß hat. Dazu JOHN (S. 230): Der Kaltlufttropfen „ist als ein atmosphärischer Kaltluftwirbel anzusehen, der nahezu vollkommen isoliert in ruhiger Umgebung die ihm einmal mitgegebene Energie langsam aufzehrt“. Obwohl die unterschiedenen drei winterlichen Kaltlufttropfen — nordatlantische, skandinavische und russische — nach den bisherigen Untersuchungen selbständige Gebilde zu sein scheinen, kann man sie doch nicht als nordwestliche, skandinavische und russische Kaltlufteinbrüche (unter Zuordnung zu unseren Wettertypen I und III) bezeichnen. Den nordatlantischen und skandinavischen Kaltlufttropfen fehlen die wetterwirksamen Fronten, sowie die Schauer- und Windböenbildung, die die zyklonalen Kaltlufteinbrüche auszeichnen. Die antizyklonale Ostlage zeigt mit ihren ausgedehnten, den Kaltlufttropfen umkreisenden Bewölkungsfeldern und Ausstrahlungsgebieten ein ganz anderes Erscheinungsbild als eine antizyklonale Ostlage (III 7) mit nächtlicher Ausstrahlung und tiefen Temperaturen über weite Flächen und nur gelegentlichen leichten Wolkenfeldern mit geringen Schneefällen. Schneedecke und Straßenglätte werden während einer antizyklonalen Ostlage (III 7) hauptsächlich nur noch erhalten; dagegen wirken östliche Lagen mit Kaltlufttropfen durch die größeren Schneefallmengen glätteverstärkend.

V. Südost-Aufgleit-Lagen

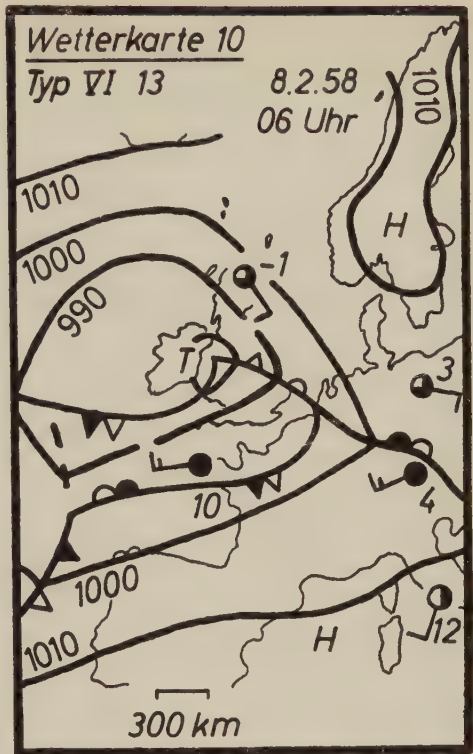
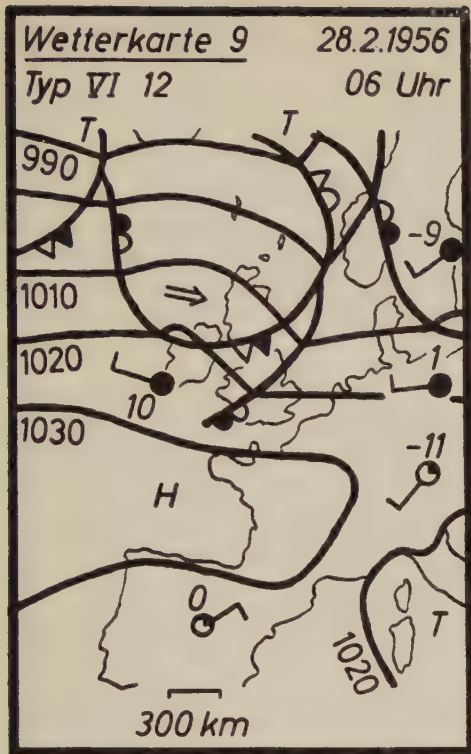
Bei diesem Wettertyp sind die am stärksten wetterwirksamen Luftmassen nicht direkt spürbar, da sie nur in der Höhe aus südöstlichen Richtungen aufgleiten. Über dem Land liegt eine geschlossene Schichtwolkendecke, aus der ununterbrochen und mit nahezu gleichbleibender Intensität die Niederschläge in die kalte Bodenluft fallen. Die Auswirkungen dieses Wettertyps auf Landschaft und Verkehr hängen von den Eigenschaften der Bodenkaltluft ab, die aus kalten kontinentalen Luftmassen aus Skandinavien und Rußland oder aus kühlen Meeresluftmassen vom Atlantik her bestehen



Erläuterung zu Wetterkarte 8: Die Zugbahn des Tiefs ist mit einer unterbrochenen Linie eingetragen. Sie deckt sich nur vom 18. bis 20. 2. mit der Vb-Bahn VAN BEBBERs. Der Wettertyp wird trotzdem als Vb-Lage bezeichnet, da in Nordbayern Niederschlag nur am 19. und 20. 2. fällt und das Tief sich während dieser Zeit auf der Vb-Bahn befindet.

kann. Eine kalte kontinentale Ostlage mit starken Schneefällen aus aufgleitender Warmluft unterscheidet sich in ihrer Wetterwirksamkeit nicht sehr stark von den allerdings niederschlagsärmeren Typen III und IV. Es können stärkere Verwehungen der Pulverschneemengen durch Ostwinde entstehen. Da die Aufgleitwolckendecke vor Ausstrahlung schützt, werden die Fröste nicht mehr so stark wie in wolkenlosen Gebieten der Wettertypen III und IV. Liegt dagegen eine Schicht polarer Meereskaltluft über dem Land, so sinken die Temperaturen kaum oder nur während der Nacht geringfügig unter den Gefrierpunkt. Der Schnee schmilzt teilweise noch während des Falles, bildet zwar meist noch eine Schneedecke, aber selten Straßenglätte (Ähnlichkeit mit Typ I).

Dieser Wettertyp umfaßt alle Schneefälle, die durch Aufgleiten wärmerer Luft aus dem Mittelmeer über kältere Luft aus Nord bis Nordwest (sogenannte Trogsteuerung; vgl. SCHERHAG, 1948, S. 277) und aus Nordost bis Südost herrühren (Wetterkarten 7 und 8). MOESE (1937, S. 22/23) bezeichnet diese Wettertypen als Mittelmeerstörungen, SCHERHAG (1948) teilt sie nach VAN BEBBER in Vb- und Vb-ähnliche Lagen ein. HESS und BREZOWSKY (1952) fassen diese Wettertypen in dem Großwettertyp „Tief Mitteleuropa mit Vb-artiger Gleitanordnung“ zusammen. „In dieser Zusammenfassung treten nämlich nicht nur Lagen mit tiefem Bodendruck über Mitteleuropa, die eigentlichen „Tief Mitteleuropa-Lagen“, auf, sondern auch alle Lagen mit einem abgeschlossenem Höhentief, das fast



stets mit einem entsprechenden Kaltlufttropfen verbunden ist, das sich aber im Bodendruckfeld nicht oder nur schwach durchsetzt. Dies ist vor allem in der kalten Jahreszeit häufiger der Fall. Deshalb werden auch alle Großwetterlagen, bei denen erfahrungsgemäß über einer kalten Nord- bis Nordostströmung in der Höhe eine warme Südwest- bis Südostströmung beobachtet wird (Vb-artiges Aufgleiten), in dieser Zusammenstellung erfaßt" (HESS und BREZOWSKY, 1952, S. 15). Allerdings ist das Hereinnehmen der Ostlagen, die Kaltlufttropfen mitführen (meist HFz, HNFz), nach den Untersuchungen BUSCHNERs (1951) und JOHNs (1953) neuerdings problematisch geworden.

Von den Südost-Aufgleit-Lagen sind 38% aller Tage mit Schneefall in Nürnberg-Buchenbühl an Tiefs gebunden, die auf der Vb-Zugstraße (nach VAN BEBBER) ziehen. Der Einflußbereich der Vb-Lagen ist in Nordbayern schon deutlich abgeschwächt, da unser Untersuchungsgebiet oft nur noch am äußersten Rande der im Südosten bis Osten liegenden Niederschlagsgebiete berührt wird. Nur der niederbayerische Teil des Bayerischen Waldes weist zahlreichere Starkschneefälle auf. So fällt in Nürnberg-Buchenbühl bei Vb-Lagen nur 1,5 mm Schnee pro Tag, während Tiefs, die zum Schwarzen Meer (Vc-Zugstraße VAN BEBBERs), ins südöstliche Mittelmeer (Va-Bahn), nach Nordafrika, nach Mitteleuropa auf Vb-ähnlicher Bahn nach SCHERHAG (1948) ziehen oder im westlichen Mittelmeer stationär bleiben, eine mittlere Tagesmenge von 2,5 mm Schnee haben. Die

Niederschlagssummen fallen also bei reinen Vb-Lagen in Nürnberg-Buchenhühl gegenüber anderen Aufgleitniederschlägen aus südöstlichen Richtungen nicht sehr stark ins Gewicht.

(Vergleiche dagegen die von FLOHN und HUTTARY [1950, S. 168] für die Station Podersam in Nordwestböhmen gefundenen Niederschlagsmengen: Vb-Lagen 6,9 mm, Vb-ähnliche Lagen 3,5 mm. Für das ganze Jahr sind also die Tagesmengen des Niederschlags bei reinen Vb-Lagen doppelt so hoch als bei Vb-ähnlichen Lagen. Im Winter ist das fennoskandische Hoch bei diesem Wettertyp meist sehr kräftig ausgeprägt, so daß die Mittelmertiefs nur in ganz seltenen Fällen in die Vb-Zugstraße einschwenken können. Hierbei ist eine Abschwächung des hohen Druckes über Mitteleuropa nötig, damit das Tief an der Südwestflanke des fennoskandischen Hochs Richtung Mitteleuropa gesteuert werden kann; vgl. Wetterkarte 8. Nordbayern wird also meist nur randlich vom Niederschlagsgebiet der Mittelmertiefs erfaßt.)

VI. West- und Südwestlagen

Es handelt sich hierbei eigentlich um Tauwetterlagen. Lange bevor sich am Boden die Temperaturen ändern, kündigt sich das Tauwetter durch eine immer dichter werdende von Westen oder Südwesten heraufziehende Wolkendecke an, aus der es oft erst nach Tagen zu schneien oder zu regnen beginnt. Der Schnee taut nach einiger Zeit durch den nachfolgenden Regen und die sich durchsetzende Warmluft zusammen mit der oft noch vorhandenen Altschneedecke ab. Für den Verkehr wird besonders das bei diesem Wettertyp sich häufig aus Regen bildende Glatteis gefährlich, wenn die frostkalte Bodenluft noch nicht weggeräumt ist. In der Regel ist der Straßenverkehr für einige Zeit nahezu lahmgelegt. Auf den spiegelglatten Straßen kann nur im Schritt gefahren werden. Im Gegensatz zu der sich langsam bildenden Schneedecke tritt Glatteis plötzlich auf. Es vergeht einige Zeit bis der Streudienst der Straßenbauämter beginnt. Wegen der Glätte geht das Streuen nur sehr langsam voran. Zunächst müssen die wichtigsten Straßen mit Durchgangsverkehr mit Sand bestreut werden. Nach einigen Stunden (oft schon nach 2 bis 4 Stunden) taut das Eis durch die nachfolgende Warmluft und den Regen, der jetzt am Boden nicht mehr gefrieren kann, rasch ab. Glatteiswetterlagen haben für den Straßenverkehr immer katastrophenähnlichen Charakter, da sie plötzlich eintreten und alles mit spiegelnder Glätte überziehen. Eine Vorhersage, ob es regnet oder schneit, ist nicht immer leicht und mit Sicherheit zu geben. Die Glatteisfälle häufen sich während der Nacht- und Morgenstunden, da hier bei bereits beginnendem Tauwetter der Gefrierpunkt in der noch nicht weggeräumten Bodenkaltluft (das Verdrängen der Warmluft verzögert sich erfahrungsgemäß während der Nachtstunden immer) durch nächtlichen Strahlungsfrost oft noch einmal unterschritten werden kann (Bild 1).

Die West- und Südwestlagen sind im Winter die stärksten Tauwetterlagen, da Schnee und Eis nicht allein durch Sonneneinstrahlung sondern durch Advektion warmer Subtropikluft und dadurch bedingte viel stärkere Temperaturerhöhung abtauen. Die Zonalzirkulation ist bei Westwetterlagen (Wetterkarte 9) am besten erhalten; sie mäandriert (ist verwellt) bei Südwestströmung (Wetterkarte 10) und wird meridional bei Winkelwestlagen, wobei Mitteleuropa auf der warmen Seite des westeuropäischen Tiefdrucktrogos liegt. Je weiter das Azorenhoch seinen Einfluß nach Norden ausdehnt, desto eher liegt Mitteleuropa im warmen Weststrom der Westwetterlagen (vgl. Wetterkarte 9). Das sich westöstlich erstreckende Frontensystem zwischen polarer Kaltluft und subtropischer Warmluft (aufgespaltene Polarfront mit Wechsel von Kalt- und Warmluftvorstoß) liegt in diesem Fall nördlich von Mitteleuropa.

Bei 62% aller West- und Südwestlagen fällt der Niederschlag als Regen mit Schnee vermischt. In allen Fällen regnet es nach spätestens zwei Tagen nur noch. Für die Erhaltung und die Vermehrung der Straßenglatte (vgl. C, 2c; Straßenzustandskarte 11) sind solche Lagen von

Wichtigkeit, bei denen sich die Warmluft nicht bis zum Boden durchsetzt und der Niederschlag noch als Schnee in die Bodenkaltluft von Hochrandlagen oder abgezogenen Hochs (Kaltlufthaut) fällt (38% aller schneebringenden Westlagen in Nürnberg-Buchenbühl).

3. Dauer und Niederschlagsmengen der Wettertypen

In Nürnberg-Buchenbühl fällt im 14-jährigen Mittel an 48 Tagen pro Winter Schnee. Die Anzahl der Tage mit Schneefall pro Monat steigt und fällt annähernd umgekehrt proportional zur Monatsmitteltemperatur. Der Januar hat als kältester Monat des Jahres die höchste Zahl der Tage mit Schneefall (im Mittel 14 Tage). Die Monatsmitteltemperatur des März ist mit +3,4 Grad nur um 0,1 Grad kälter als die des November, das Verhältnis der Tage mit Schneefall ist aber 79:49. Die Witterung des November ist ausgeglichener als die des März, bei dem warme mit kalten Perioden (polare Kaltluftausbrüche und vor allem kalte Ostlagen) stark wechseln.

Tabelle 1. Die schneefallbringenden Wettertypen in Nordbayern in Tagen. Winter 1946/47 bis 1959/60. Repräsentative Station: Nürnberg-Buchenbühl.

Wettertyp		Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Zus.
I	1 NW-Lage	—	9	39	43	28	11	5	1	136
I	2 Schleifzonenlage	—	—	1	2	7	—	—	—	10
I	3 N-Lage	—	17	21	34	20	21	13	3	129
II	4 Warmluftmod.NW-L.(schwach)	—	3	6	12	4	1	—	—	26
II	5 NW-L. (schleifzonenähnlich)	—	—	5	1	4	—	—	—	10
III	6 Beginn. NE- u. E-Lagen	—	2	2	12	7	4	—	1	28
III	7 NE- und E-Lagen	—	—	4	1	13	4	1	—	23
	Kaltlufttropfen b. NNE-Lage	—	3	1	3	10	4	3	—	24
IV	8 Kaltlufttropfen b. NE-Lage	1	—	2	3	1	5	4	—	16
	Kaltlufttropfen b. E-Lage	—	—	8	6	3	6	—	—	23
	Kaltlufttropfen b. SE-Lage	1	—	—	—	1	2	—	—	4
V	9 NE- u. SE-L., Tief Mittelmeer	6	3	8	18	26	8	—	—	69
V	10 N- bis NW-L., Tief Mittelmeer	2	1	7	9	6	1	1	—	27
VI	W-L. (Ww, W, SW i. d. Höhe ¹⁾	—	2	14	25	11	3	1	—	56
11-14	W-Lagen	—	6	19	23	17	—	—	—	65
	SW-L. (einschl. Schleifzone)	—	3	2	8	6	9	—	—	28
Summe		10	49	139	200	164	79	28	5	674

Die zyklonalen Kaltlufteinbrüche (Wettertyp I) sind mit 41% aller Tage mit Schneefall am zahlreichsten. Die größte Gruppe aller schneebringenden Wettertypen sind die Nordwestlagen (22%). Die Nordlagen mit überwiegend meridionaler Strömung treten als Kaltlufteinbrüche besonders im November und dann wieder ab März als Kälterückfälle stark hervor. Auf den ersten Blick scheinen die Nordwestlagen „trockener“ als die kälteren Nordlagen zu sein. Der Niederschlag hört aber bei über der Hälfte aller Nordwestlagen im Laufe der Nacht oder des Vormittags auf. Dadurch

¹⁾ Die Warmluft ist noch in der Höhe über der Bodenkaltlufthaut.

Tabelle 2. Niederschlagsmenge pro Tag in Millimeter in Nürnberg-Buchenbühl (1946/47 bis 1959/60).

Bei eingeklammerten Werten ist die Anzahl der Tage mit Niederschlag zu gering, um zuverlässige Zahlen zu geben.

Wettertyp	Straßenglatte		keine Straßenglatte		Glatteis
	Schnee	Regen u. Schnee	Schnee	Regen u. Schnee	Regen u. Schnee
I 1 NW-Lage	1,3	2,8	—	2,0	0,7
I 2 Schleifzonenlage	(7,8)	—	—	(20,8)	—
I 3 N-Lage	2,0	(4,4)	—	1,8	—
II 4 Warml. NW-L. (schwach)	1,9	(2,6)	—	1,3	(1,1)
II 5 NW-L. (schleifz. ähnl.)	4,7	(8,1)	—	(6,3)	—
III 6 Beginn. NE- bis E-L.	2,7	—	—	2,5	(1,5)
III 7 NE- bis E-Lage	0,2	—	0,2	—	—
Nordatlant. Kaltlufttropfen		3,6 (Regen und Schnee)			
IV 8 Skandinav. Kaltlufttropfen		1,0—1,1 (überwiegend Schnee)			
Russische Kaltlufttropfen		0,4—0,5 (Schnee)			
V 9 Südost-Aufgl.-L. TMM ¹⁾	2,5	—	0,9	—	(0,8)
Südost-Aufgl.-L. Vb	1,5	—	—	3,9	—
V 10 Südost-Aufgl.-L. N-NW	(2,8)	4,1	—	4,7	—
VI W- u. SW-L. i. d. Höhe	1,3 (Schnee)				0,3
11-14 W- u. SW-Lage	3,0 (Regen und Schnee)				3,6
Hochdrucklagen (Nebel)	—				0,3

wird die mittlere Tagesmenge verhältnismäßig stark herabgesetzt. Dieser Vorgang kann durch die in der leicht meridionalisierten Westströmung wandernden Höhenhochkeile in Verbindung mit Azorenhoch- oder azorischen Zwischenhochvorstößen (Wetterkarte 1) erklärt werden; dabei gerät ein Teil der eingeströmten und in seiner West-Ost-Wanderung durch die Bodenreibung behinderten Kaltluft in die nach Osten ziehenden Drucksteiggebiete. Dadurch hört die Niederschlagstätigkeit der Kaltluft schnell auf. Bei Nordlagen sind die Höhenrücken bzw. die steuernden Hochs über den Britischen Inseln länger stationär. Die Nordwestlagen, die allgemein wärmer als die Nordlagen sind, haben an etwa 50% aller Tage mit Schneefall Beimengungen von Regen (2,8 mm pro Tag Regen und Naßschnee; vgl. Tabelle 2). Bildet man das Niederschlagsmittel aus allen Tagen, so übertrifft der Wert der Nordwestlagen den der Nordlagen um 0,1 bis 0,2 Millimeter. Dabei ist zu berücksichtigen, daß der anfangs noch als Regen fallende Niederschlag nicht mit eingerechnet ist (soweit dies die Messungen zulassen). Etwa ein Drittel aller Schneefalltage kommt auf Wettertypen, bei denen kalte kontinentale Luftmassen am Wettergeschehen beteiligt sind. Verhältnismäßig schneereich sind die Wettertypen mit stärkeren Aufgleitbewegungen der Warmluft über die Kaltluft: Warmluftmodifizierte Nordwestlagen schwacher Ausprägung, beginnende Ostlagen und Südost-Aufgleit-Lagen. Am wenigsten Niederschlag fällt mit 0,2 Millimeter bei reinen Ostlagen. Diese geringen Schneemengen können selbst bei den herrschenden tiefen Temperaturen keine dauerhafte Straßenglatte

¹⁾ Tief Mittelmeer.

mehr erzeugen (auch die 0,9 mm Tagesmenge bei Ostlagen mit Aufgleitniederschlägen aus Mittelmeerwarmluft reichen nicht mehr aus). Die geringen Tagesmengen der Ostlagen können gerade noch die Abtauverluste der schon bestehenden Straßenglätte (meist von den Typen I und III 6) ausgleichen.

Schleifzonenlagen zeichnen sich durch große Niederschlagsmengen aus, die sich auf einem verhältnismäßig schmalen Streifen summieren. Ein durch die größere Zahl der Fälle sicherer Wert ergibt sich nur bei den von Nord nach Süd verlaufenden Schleifzonenlagen (Typ II 5) mit 4,7 mm pro Tag. Noch schneereicher scheinen die West-Ost-Schleifzonenlagen mit 7 bis 8 mm pro Tag zu sein, da vor allem die beteiligte Warmluft feuchter und wärmer ist als bei Typ II 5. Die Kaltlufttropfen werden, wie schon beschrieben, immer trockener je älter sie werden. Die nordatlantischen Kaltlufttropfen treffen bereits am zweiten und dritten Tag nach ihrer Abschnürung über den Britischen Inseln oder der Nordsee in Nordbayern ein. Fünf Kaltlufttropfen kommen in den Monaten November, Dezember und März, zwei im Januar vor (wobei sich einer mit einem skandinavischen Kaltlufttropfen vereinigt). Sie kann man allein auf Grund der Niederschlagsmengen noch zu den „sommerlichen“ Kaltlufttropfen (vgl. BUSCHNER, 1951, S. 29) rechnen, da sie durch die vermehrte Einstrahlung und die dadurch bedingten stärkeren Konvektionsströmungen viel energiereicher zu sein scheinen. Die skandinavischen Kaltlufttropfen haben einen längeren Weg als die nordatlantischen. Der labilisierende Einfluß der Ostsee scheint gering zu sein; die Hauptzugbahn der skandinavischen Kaltlufttropfen führt auch über den im Winter stark vereisten Bottnischen Meerbusen, über Südschweden, die dänischen Inseln, Deutschland und Frankreich — über der Biskaya oder dem westlichen Mittelmeer regen sie dann oft die Bildung neuer Zyklonen an (vgl. Verteilung von Höhenhochs und -tiefs an sehr kalten Tagen im Januar und Februar von DAMMANN, 1960, Abb. 14, S. 219). Die russischen Kaltlufttropfen bringen die geringsten Schneemengen, die wie bei den Ostlagen Typ III 7 die Schneedecke kaum erhöhen. Bei den West- und Südwestlagen (22% aller Tage mit Schneefall) werden nur noch die Tagesmengen berechnet. Diese Wettertypen wirken in erster Linie abtauend. Um Schneefall zu erzeugen muß noch kontinentale Kaltluft über Nordbayern lagern, auf die sich die warme Meeresluft schieben kann. Aus diesem Grunde häuft sich auch das starke Auftreten dieser Wettertypen in den drei kältesten Monaten des Jahres: Dezember, Januar und Februar.

Bei Glatteiswettertypen sind die Niederschlagsmengen (meist unterkühlter Regen) besonders schwierig zu erfassen. Es stehen nur die Niederschlagsmessungen zu den drei Beobachtungsterminen (7, 14, 21 Uhr) zur Verfügung. Bei den West- und Südwestlagen tritt zu Anfang noch gelegentlich Schnee auf, bei den Nordwestlagen geht der Regen später meist in Schnee über. Die geringen Schneemengen, die bei den Nordwestlagen auf den Regen folgen, ändern den Wert von 0,7 mm pro Tag nicht sehr stark. Dagegen hält bei West- und Südwestlagen der Niederschlag an und taut mit der immer höher werdenden Lufttemperatur das Glatteis wieder weg. Der Wert von 3,6 mm Niederschlag pro Tag dürfte also etwas zu hoch ausgefallen sein. Bei den wenigen Glatteisfällen der Wettertypen II, III und V fällt der Niederschlag in die eingeströmte flache kontinentale

Kaltluftschicht. Die Werte sind unsicher, da insgesamt nur neunmal Glatteis auftrat. In drei Fällen entsteht Glatteis durch Niederschlag aus einer Nebeldecke. Die Niederschlagsmenge ist mit 0,3 mm (Nieseln) naturgemäß sehr gering.

Die besprochenen sechs Wettertypen sind bei Schneefall und Regen (Glatteis) die Ursache der winterlichen Straßenglätte in Nordbayern. Es wurden die meteorologischen Voraussetzungen, die zum jeweiligen Wettertyp führen, kurz dargestellt. Für die Entstehung von Straßenglätte sind die Menge des Niederschlags und die jeweils herrschende Temperatur ausschlaggebend.

C) Die Straßenglätte in Nordbayern

1. Verteilung der Tage mit Straßenglätte auf die Wettertypen

Die an der Station Nürnberg-Buchenbühl beobachtete Straßenglätte wird nun im Rahmen der sechs gefundenen Schneefallwettertypen, wozu als siebenter für die Erhaltung wichtiger Wettertyp die Hochdrucklagen treten (Tab. 3), besprochen. Die Nordwest- und Nordlagen sind mit 41% aller Tage mit Schneefall die wichtigsten schneebringenden Wettertypen des Winters. Ihr Anteil an den Tagen mit Straßenglätte beträgt aber nur 22%. Der Wirkungsgrad des Wettertyps I ist also mit nur 42% gering. Die Schneeglätte entsteht häufig erst am zweiten oder dritten Tag des Kaltlufteinbruchs, wenn durch nächtliche Ausstrahlung die unteren Schichten der vom Meer angewärmten Kaltluft so weit abkühlen, daß der Erdboden wenigstens in einer geringen Schicht gefriert und der Schnee liegenbleiben kann. Das Glatteis kann außer bei Warmluftvorstößen auch bei maskierten Kaltlufteinbrüchen (nach VON FICKER, 1926) entstehen. Hierbei bringt die in den unteren Schichten angewärmte Polarluft nach Wegräumen der von einem gealterten Hochdruckgebiet übriggebliebenen Bodenkaltluft zunächst Erwärmung. Der Regen (z. T. auch unterkühlter Regen) gefriert auf dem noch gefrorenen Boden. Bei den West- und Südwestlagen (44 Tage = 8%) kann sich die Schnee- und Eisglätte infolge des Bodenfrostes im Mittel noch ein bis zwei Tage halten. Zu diesem Wettertyp, bei dem echte Warmluftvorstöße beteiligt sind, gehören die meisten Glatteisfälle, da die Neigung zu Regen aus der aufgleitenden Warmluft naturgemäß sehr groß ist.

Einen hohen Wirkungsgrad (90%) weist die schleifzonenähnliche Nordwestlage auf. Sie ist mit 4,7 mm Niederschlag auch einer der schneereichsten Wettertypen des Winters (Tabelle 2). Die Wettertypen mit kontinentaler Kaltluft in den untersten Schichten (II 4, III, IV, V 9, VI mit Warmluft in der Höhe) sind mit 30% aller Tage mit Straßenglätte die stärkste Gruppe. Ihr Wirkungsgrad ist mit 60% noch verhältnismäßig hoch, obwohl bei niederschlagsarmen Ostlagen (III 7) und bei russischen Kaltlufttropfen die Schneemengen oft zu gering sind, neue Straßenglätte zu erzeugen.

Tabelle 3. Dauer der Straßenglätte in Nürnberg-Buchenbühl bei verschiedenen Wittertypen (1946/47 bis 1959/60) in Tagen.

		Schnee und Eisglätte	Glätteis
I	1 NW-Lagen	45	18
I	2 Schleifzonenlagen	4	—
I	3 N-Lagen	67	—
II	4 Warmluftmod. NW-L. (schwach),	15	5
II	5 NW-L. (schleifzonenähnlich)	9	—
III	6 Beginn. NE- und E-Lagen	16	2
III	7 NE- und E-Lagen	16	—
IV	8 Kaltlufttropfen u. antizykl. E-L.	59	—
V	9 NE- bis SE-L., Tief Mittelmeer	27	2
V	10 NW- und N-L., Tief Mittelmeer	13	—
VI	W-Lagen (Warmluft in der Höhe)	27	14
11-14	W-Lagen	33	13
	SW-Lagen	11	7
	Hochdrucklagen	122	3

Die Hochdrucklagen sind mit 23% aller Wittertypen mit Straßenglätte eine der größten Gruppen. Zu ihnen wurden alle Tage mit Straßenglätte ohne Niederschlag gerechnet. Die überwiegende Mehrzahl sind Hochdruckgebiete und Zwischenhochs (bzw. Hochkern- und Hochrandlagen). Die Erhaltungsneigung der Straßenglätte ist bei Hochdrucklagen sehr groß. Durch verstärkte nächtliche Ausstrahlung über der Schneedecke und dadurch bedingte weitere Abkühlung der Grundsicht (im Sinne SCHNEIDER-CARIUS, 1948) bleibt die Glätte erhalten. Damit wird das Problem der Straßenglätteperioden angeschnitten: Entstehen, Erhalten und Abtauen der Straßenglätte.

2. Die Straßenglätteperioden

a) Die Straßenglätteperioden der Winter 1946/47 bis 1959/60.

Straßenglätte- und Schneedeckenperioden (FRITZ, 1934; WEISCHET, 1950) stehen in ursächlichem Zusammenhang. Für das Zustandekommen einer Straßenglätteperiode, d. h. einer längeren Zeit mit Straßenglätte, die deutlich drei verschiedene Phasen (Entstehen, Erhalten, Abtauen) erkennen läßt, sind in erster Linie die herrschenden Temperaturverhältnisse verantwortlich. Zu Beginn einer Straßenglätteperiode steht ein mehr oder weniger starker zyklonaler Kaltlufteinbruch (Typ I) mit Temperaturen, die anfangs über dem Gefrierpunkt liegen. Die Niederschläge fallen meist als Regen mit Schnee vermischt. Die Straßenglätte bildet sich erst zu Ende des Kaltlufteinbruches, wenn kältere Staffeln mit Temperaturen um oder unter dem Gefrierpunkt Mitteleuropa erreichen. Das Erhalten der Straßenglätte kann einmal bei Azorenhochvorstößen direkt nach Mitteleuropa (vgl. Wintertyp B nach TEISSERENC DE BORT) durch die sich im Hoch ausbildende dünne Kaltluftschicht unter der Inversion

oder bei Kaltluftadvektion infolge Hochaufbaus über Nordeuropa (vgl. Wintertyp A nach TEISSERENC DE BORT) eintreten. Unter diesem speziell witterungsklimatologischen Gesichtspunkt lassen sich zwei Typen von Straßenglätteperioden unterscheiden. Im ersten Fall bestimmt die Periode der von REINEL (1960) unter Azorenbahnen als Typ I bezeichnete dynamische Vorstoß des Azorenhochs nach Mitteleuropa mit Stabilisierung in Mitteleuropa; im zweiten Fall sind es steuernde Hochdruckgebiete über Nordrußland, Skandinavien und dem europäischen Nordmeer verschiedener Herkunft: nach REINEL azorisch-subpolare Bahnen Typ V (West- und nordeuropäische Bahnen mit vorwiegend meridional gerichteten Azorenhochvorstößen, z. T. bereits mit subpolarem Anbau) und subpolare Bahnen Typ IX (skandinavisch selbständig steuernde Bahnen), sowie gelegentlich Typ X (Hochbahnen östlicher Herkunft) meist in Verbindung (Hochdruckbrücke) mit den Typen V und IX. Den Azorenhochvorstößen gehen meist Nordwestlagen (Schneefallwettertyp I 1) voraus. Die Zonalströmung ist nur schwach meridionalisiert. Vor kalten Ostlagen ist fast immer eine Nordlage (Typ I 3) anzutreffen. Die Strömung ist bereits meridionalisiert und der Azorenhochkeil schwenkt, durch Warmluftzufuhr auf seiner Westseite stärker geworden, nach Skandinavien um und bildet dort ein selbständig steuerndes Hoch.

Die Verstärkung oder Erhaltung der Straßenglätte geschieht durch weitere Schneefälle infolge Höhentiefs, die in der antizyklonalen Strömung am Südrand der nordeuropäischen Hochs über Nordbayern triffen, oder durch zyklonalen Einfluß vom Mittelmeer her.

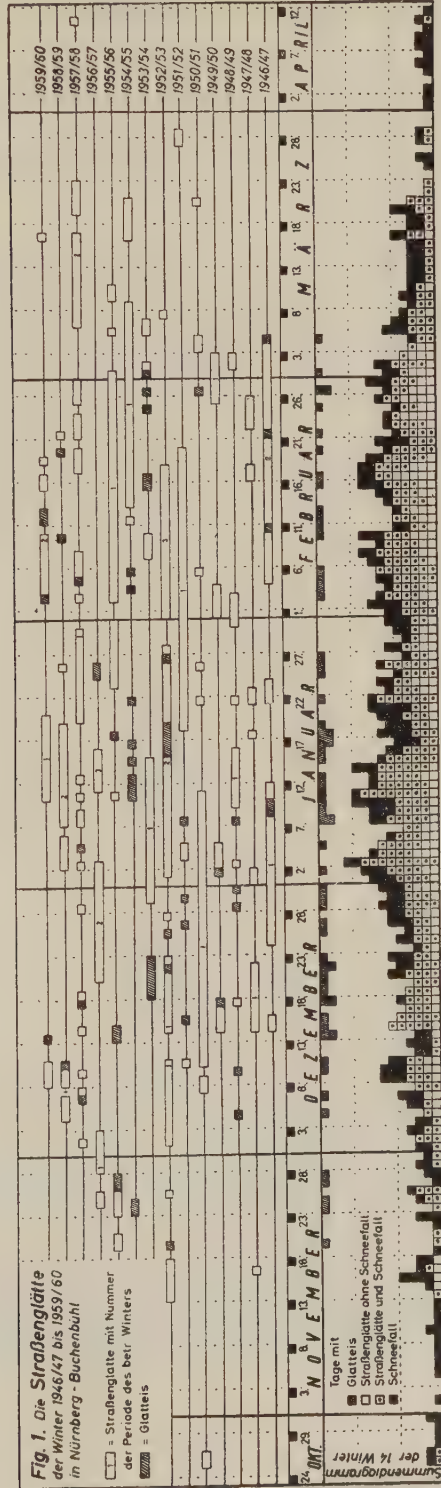
Der Abbau einer Straßenglätteperiode, die durch einen Azorenhochvorstoß nach Mitteleuropa geprägt wird, geschieht 1. durch den Umbau des Mitteleuropahochs in eine Westlage, wobei das Hoch nach Osten bis Südosten weiterwandert (Wetterverschlechterungstyp Ia nach GRÜNEWALD, 1959), 2. durch Zurückweichen des Hochs nach Süden und Kippen eines europäischen Hochdruckrückens, wobei die Westströmung allmählich von Nord nach Süd auf Mitteleuropa übergreift (Wetterverschlechterungstyp Ic nach GRÜNEWALD) und 3. durch Zurückziehen des Mitteleuropahochs nach Westen bis Südwesten, gekoppelt mit einem kurzen Kaltlufteinbruch aus Nordwesten, dem nach fortschreitender Zonalisierung der großräumigen Strömung eine Westlage folgt (Wetterverschlechterungstyp III nach GRÜNEWALD).

Ein skandinavisches Hoch wird bei Zurückweichen nach Süden und Südosten durch eine Winkelwestlage mit nachfolgender West- oder Südwestlage abgebaut (ähnlich Wetterverschlechterungstyp Ia nach GRÜNEWALD); weicht es dagegen nach Westen und Südwesten aus, so geschieht der Abbau durch eine Nordwestlage mit nachfolgender Westlage in etwa derselben Weise, wie er oben beim Abbau des Mitteleuropahochs beschrieben wurde.

Das Wettergeschehen ¹⁾ innerhalb einer Straßenglätteperiode kann zusammenfassend wie folgt dargestellt werden:

¹⁾ vgl. auch WOLLKOPF (1960): Großwetterlagenumsteuerungen nach HESS und BREZOWSKY, Tabelle 6 (Winterhalbjahr).

Figur 1. Die Straßenglätte der Winter 1946/47 bis 1959/60 in Nürnberg-Buchenbühl.



Typ Entstehen	Erhalten der Straßenglätte	Abtauen
	Hoch Mitteleuropa	Nordwestlage u. nachfolgende Westlage oder Westlage
A Nordwestlage	Azorenhochvorstoß nach Mitteleuropa mit Stabilisierung für einige Tage	
	Ostlage mit kontinentaler Kaltluftzufuhr	Winkelwestlage und nachfolgende West- bis Südwestlage oder Nordwestlage u. nachfolgende Westlage
B ¹⁾ Nordlage	Azorenhochkeil bis nach Skandinavien mit Bildung eines selbständig steuernden Hochs oder Azorenhochvorstoß Richtung Island mit Brücke zu nordrussischem Hochvorstoß Richtung Skandinavien	

Die zeitliche Ausdehnung der Straßenglätte in Nürnberg-Buchenbühl zeigt Figur 1 (Seite 27) in den Wintern 1946/47 bis 1959/60. Längerdauernde Zeitabschnitte mit Straßenglätte können als Straßenglätteperioden (pro Winter numeriert) ausgeschieden werden.

Die in den 14 Wintern in Nürnberg-Buchenbühl gefundenen 22 Straßenglätteperioden (in Figur 1 numeriert) werden in Tabelle 4 in die zwei Typen A und B aufgeteilt.

Sind beide Typen an einer Straßenglätteperiode beteiligt, so ist der längerdauernde und wichtigere Typ unterstrichen.

¹⁾ = Perioden, die unmittelbar mit einer Ostlage beginnen.

²⁾ = Perioden, bei denen die Glätte während einer Hochdrucklage abtaut.

Tabelle 4. Die Straßenglätteperioden der Winter 1946/47 bis 1959/60 in Nürnberg-Buchenbühl.

Winter	Periode	Typ	Dauer (Tage)	Winter	Periode	Typ	Dauer (Tage)
1959/60	1	<u>B,A</u>	10	1953/54	1	B	17
1959/60	2	<u>B¹</u>	13	1952/53	1	A	19
1958/59	1	A	6	1952/53	2	<u>B,A</u>	27
1958/59	2	A	16	1952/53	3	<u>B</u>	18
1957/58	1	A	16	1951/52	1	B	33
1957/58	2	B ²	15	1950/51	1	B	34
1956/57	1	A	7	1949/50	1	B ²	6
1956/57	2	B ¹	14	1948/49	1	A	7
1956/57	3	B ²	5	1947/48	1	B	8
1955/56	1	B	35	1946/47	1	B	19
1954/55	1	<u>A,B²</u>	25	1946/47	2	B	29

Die Perioden, bei denen die Straßenglätte durch kalte kontinentale Ostlagen erhalten wird (Typ B), sind fast dreimal so zahlreich wie die Hochdrucklagen über Mitteleuropa (Typ A). Wie sich aus Tabelle 5 ergibt, ist die Abweichung der mittleren Wintertemperatur (XII, I, II) der 14 untersuchten Winter vom langjährigen Wintermittel unter +0,1 Grad (+0,043 Grad). Die Mitteltemperaturen der Winter 1946/47 bis

¹⁾ vgl. WEISCHETs (1950, S. 134) zwei Typen der schneedeckenbildenden Großwetterlagen für das Rheinische Schiefergebirge haben Ähnlichkeit mit den zwei Möglichkeiten der Straßenglätteperioden von Typ B; infolge Advektion kalter kontinentaler Luftmassen ist der grundsätzliche Wettercharakter in Nordbayern bei beiden Typen aber gleich.

Tabelle 5. Abweichung der mittleren Wintertemperatur (XII, I, II) der 14 Winter vom langjährigen Wintermittel (bezogen auf die Periode 1881—1940 = -0,4 Grad Celsius) in Nürnberg-Buchenbühl (335 m).

1959/60	+ 1,0	1952/53	- 0,6
1958/59	± 0	1951/52	+ 0,3
1957/58	+ 0,8	1950/51	+ 0,8
1956/57	+ 1,6	1949/50	+ 1,9
1955/56	- 2,3	1948/49	+ 0,2
1954/55	± 0	1947/48	+ 1,9
1953/54	- 1,5	1946/47	- 3,5

1959/60, die der Arbeit zugrundeliegen, weichen also im Mittel vom langjährigen Durchschnitt nicht ab. Allgemein kälter als das Mittel sind Winter mit den Straßenglätteperioden Typ B (das stimmt mit dem kältesten Wintertyp A nach TEISSERENC DE BORT überein); wärmer sind Winter mit Straßenglätteperioden Typ A oder mit kurzandauernden Perioden Typ B. Von den zu warmen Wintern mit vorherrschendem Straßenglätteperiodentyp B war jeweils ein Monat überdurchschnittlich warm. In Figur 1 treten die zu warmen Monate durch Fehlen längerdauernder Straßenglätteperioden hervor (in Betracht kommen besonders: Dezember 1959, Februar 1957, Dezember 1955, 1954, 1953 und 1951, Januar 1951, Februar 1951). Die wesentlich zu warmen Winter 1949/50 und 1947/48 haben nur kurzdauernde Straßenglätteperioden und auch die niedrigste Anzahl der Tage mit Straßenglätte (18 bzw. 20) von den 14 Wintern.

Der Winterzustand der Straßen wird in großen Zügen durch die Straßenglätteperioden bestimmt, die sich in Nürnberg-Buchenbühl aber nicht immer mit ihrem gesamten Rhythmus (also auch Erhalten und späteres Abtauen der Glätte bei Westwetterlagen) durchsetzen können. Einen Vergleich der von der Straßenglätte bevorzugten Zeiten des Winters mit den natürlichen Witterungsabschnitten ermöglichen die in Figur 1 (S. 27) auf einen Winter projizierten Tage mit Straßenglätte der 14 untersuchten Winter.

Allgemein ist zu sagen, daß gegen Ende von Tiefdruckperioden die Zahl der Tage mit Straßenglätte steigt, da der Einfluß der Warmluft durch nachfolgende Hochdrucklagen und Kaltluftbildung bzw. -advektion zurückgedrängt wird. Mit Andauer der Hochdrucklagen nimmt die Glätte infolge der durch den Verkehr erzeugten Reibungs- und Druckwärme und durch Sonneneinstrahlung (soweit sich noch keine schützende Nebeldecke im alternenden Hoch gebildet hat) stark ab. Bei beginnendem Tauwetter kann die in der Höhe vorauseilende Warmluft durch Aufgleit-schneefälle oder Regen mit Glatteis die in der vorhergegangenen Hochdruckperiode verschwundene Glätte noch einmal erneuern; durch den gleichen Vorgang entsteht bei Frostperioden ohne Schneedecke Straßenglätte neu. Wegen der häufigen Ausbildung von lokalen Kaltluftseen in Tälern und Beckenlagen setzt sich Tauwetter oft nur sehr langsam bis in tiefere Lagen durch. Bei stabileren Hochdruckgebieten über Mittel- und Osteuropa dringt die Warmluft aus Westen oft gar nicht bis zum Boden durch, sondern wirkt nur indirekt durch Aufgleitniederschläge

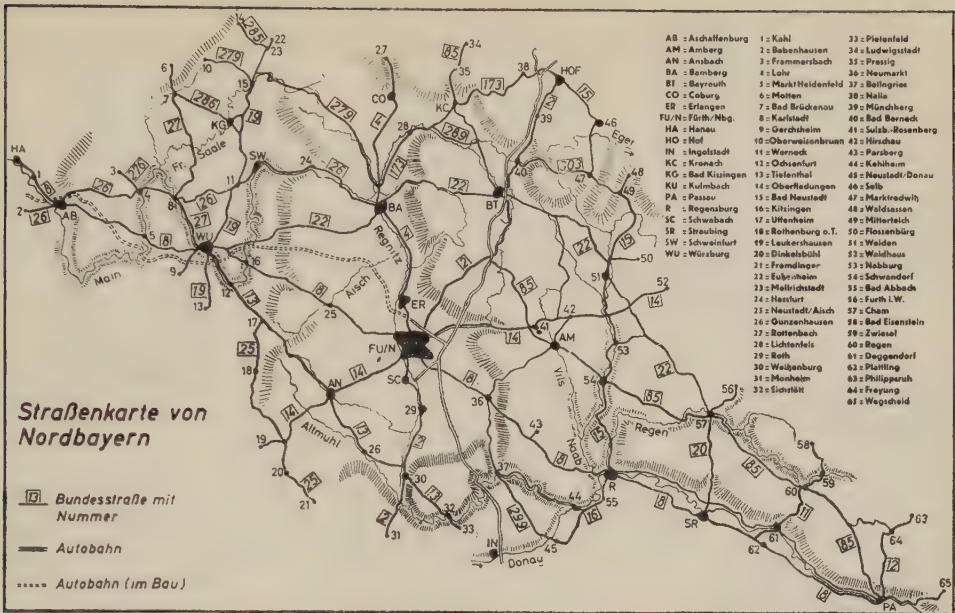
(meist in fester Form). Die Glätte taut nicht ab, sondern erneuert und verstärkt sich, wobei die Wolkendecke (meist Stratus) die Straßen vor der Taukraft der Sonne schützt.

Die alljährlichen Verschiebungen und vor allem die unterschiedliche Länge der Hoch- und Tiefdruckperioden in den einzelnen Jahren verwischen außerdem noch das auf Grund langjähriger Reihen gefundene Bild einer natürlichen Gliederung des Winters. Ferner ist die Beobachtungsreihe mit nur 14 Jahren verhältnismäßig kurz.

Ende Dezember macht sich die Weiterentwicklung des Weihnachtstauwetters durch die große Zahl der Tage mit Schneefall, besonders aus der nachstoßenden Kaltluft aus Nordwesten, bemerkbar. Die Folge ist eine Erhöhung der Zahl der Tage mit Straßenglätte. Der Anfang Januar einsetzende Hochwinter läßt die Zahl der Tage mit Schneefall ohne Straßenglätte zurückgehen. Deutlich steigt in dieser Zeit die Zahl der Tage mit Straßenglätte ohne Schneefall (meist Hochdruckwetter). Auffallend ist auch die Zeit vom 16. 1. bis etwa 21. 1. (Hochwinter). Die Zahl der Tage mit Straßenglätte ohne Schneefall geht zurück. Die Tage mit Schneefall nehmen rasch zu; sie sollten eigentlich abnehmen, wie es auch in der ersten Hochwinterperiode etwa vom 3. 1. bis 7. 1. der Fall ist. In die zweite Januarhälfte fallen einige Kälteperioden ohne Straßenglätte. Außerdem ist aber in dieser Zeit die Zahl der Tage mit Ostkaltlufteinbrüchen und sehr geringen Schneefallmengen (Typ III 7, IV, V 9), die keine Straßenglätte mehr erzeugen, verhältnismäßig groß. Die am längsten dauernden Straßenglätteperioden weisen zu kalte Februarmonate auf, die durch lange Kaltlufteinbrüche aus Osten bestimmt werden (Spätwinter). Die Tage mit Schneefall, der keine Straßenglätte mehr erzeugen kann, gehen trotz der bei Hochdrucklagen über Skandinavien häufig zyklonal beeinflussten Witterung über Mitteleuropa (Höhenzyklonen und Mittelmeerstörungen mit geringfügigen Schneefalltagesmengen) zurück und haben in diesem Monat ihr eindeutiges Minimum während des ganzen Winters. Dennoch haben die beiden Höhepunkte des Spätwinters um die Monatsmitte und zu Ende des Februar eine Steigerung der Tage mit Straßenglätte ohne Schneefall (vorwiegend antizyklonale Witterung).

Im März bleibt infolge des allgemeinen Temperaturanstieges im Frühjahr die Straßenglätte nur noch in Ausnahmefällen erhalten (1957/58 Straßenglätteperiode Typ B, 1954/55 die zweite Hälfte einer Periode Typ B). Infolge des im Gegensatz zum Dezember viel höheren Sonnenstandes und gesteigerten Einstrahlungsvermögens liegen die Erdbodentemperaturen des März schon wesentlich höher. Im allgemeinen kann man die allmähliche Zunahme der Straßenglätte in den Monaten November und Dezember, den Höhepunkt im Januar/Februar — auch hier ist die Verzögerung gegenüber dem winterlichen Sonnentiefstand auf der Nordhalbkugel und des damit verbundenen Einstrahlungsminimums zu erkennen — gut mit dem allgemeinen Sinken und Wiederanstiegen der langjährigen Tages- bzw. Monatstemperaturmittel vergleichen.

Nach Besprechung der Straßenglätteperioden und des durch sie bestimmten allgemeinen Verlaufes des winterlichen „Straßenwetters“, folgt die Darstellung zweier Perioden von Typ A und B, um den Verlauf der Witterung und ihrer Auswirkung in Bezug auf die Straßenglätte in den



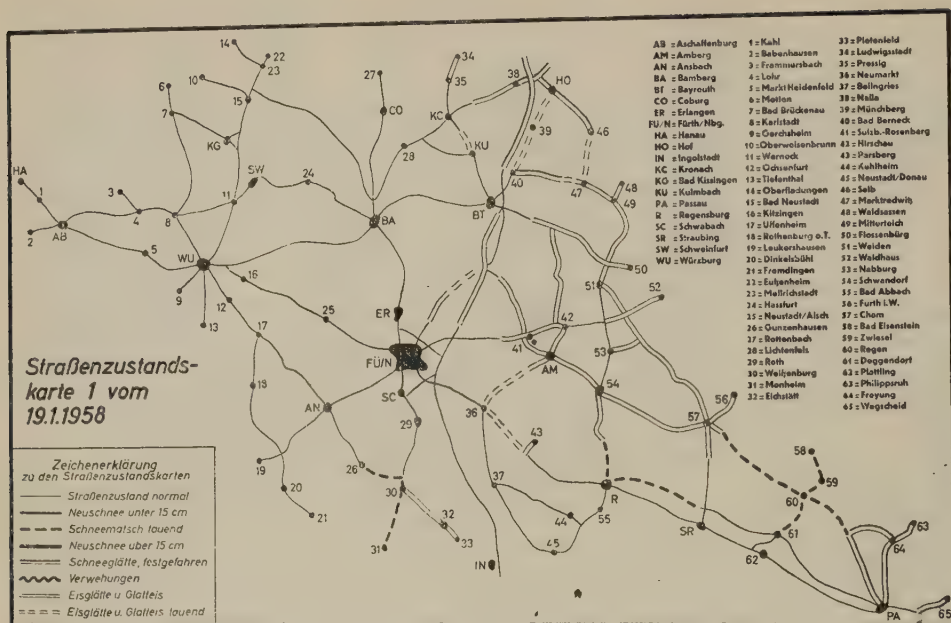
verschiedenen Räumen Nordbayerns zu untersuchen. Es wird nur noch die räumliche Verteilung der Straßenglätte in Nordbayern an Hand von Karten dargestellt. Die entsprechenden Wetterkarten wurden, wenn sie den glätteverursachenden Witterstyp ausreichend charakterisierten, bereits in Teil B aus den beiden folgenden Straßenglätteperioden gebracht.

b) Die Straßenglätteperiode von Typ A des Januar/Februar 1958

dauert in Nürnberg-Buchenbühl vom 19. 1. bis 8. 2. mit Unterbrechungen vom 31. 1. bis 2. 2. sowie am 4. 2. (Figur 1). Sie läßt deutlich die drei Phasen einer Straßenglätteperiode erkennen: Entstehen der Glätte durch den Einbruch polarer Kaltluft (Schneefallwettertyp I), Erhalten durch Vorstoß eines Hochs aus dem Azorenraum nach Mitteleuropa (Typ A) und Abtauen durch eine Südwestlage (nach vorhergegangener nochmaliger Verstärkung der Glätte).

Von den seit dem 8. 1. vorhergegangenen zwei Witterungsabschnitten sind noch Straßenglättereste auf der südlichen Frankenalb, im Bayerischen Wald, sowie in der Oberpfalz und in Oberfranken erhalten. In diesen Gebieten liegt noch eine Schneedecke von 5 bis 20 cm Höhe. Der erste Witterungsabschnitt vom 8. bis 12. 1. war durch den Wechsel von zyklonalen Kaltlufteinbrüchen (Typ I 1) und Tauwetter (größtenteils zyklonale Westlagen nach HESS und BREZOWSKY) gekennzeichnet. Es wechselten Schnee-, Regen- mit Schneeschauer und Regenfälle einander ab, wobei Straßenglätte und Schneedecke im ganzen gesehen sich auf dem Stand vom 19. 1. hielten (Straßenzustandskarte 1 vom 19. 1. 58). Selbst die kräftigen Schneefälle aus der Mittelmeerluft, die über die eingeflossene maritime Polarluft aufgleitet (Typ V 10, Wetterkarte 7) vermö-

Straßenzustandskarte 1 vom 19. 1. 1958



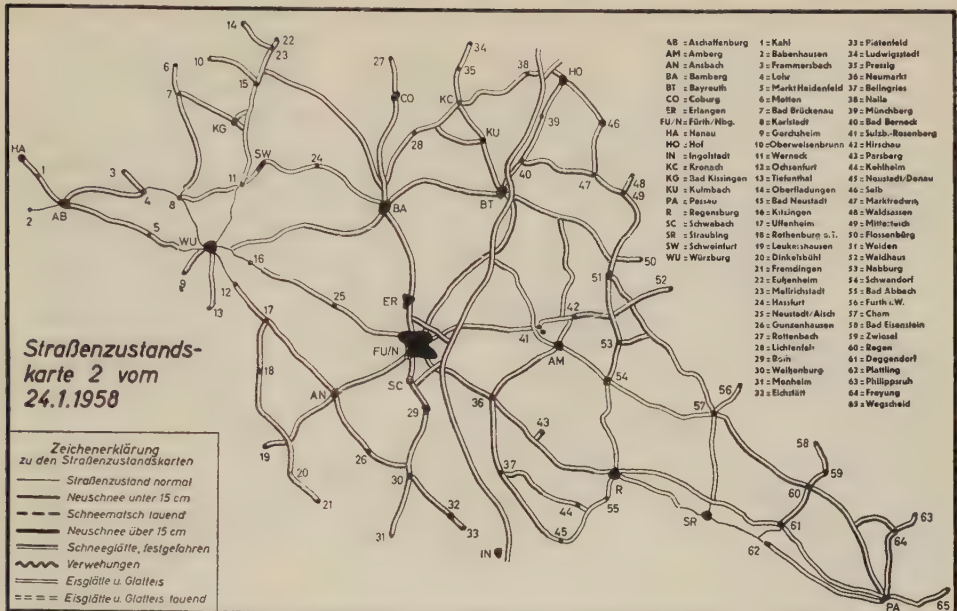
gen dieses Bild nicht nachhaltig zu ändern, obgleich sich die Schneedecke in den oben angeführten Gebieten Nordbayerns weiter erhöht. Westlich der durch die Bundesstraßen 2 und 85 (Abkürzung B 2 und B 85 im weiteren Verlauf) gebildeten Linie tauen Straßenglätte und Schneedecke rasch wieder ab.

Am 19. 1. (Wetterkarte 2) beginnt die Straßenglätteperiode in Nordbayern mit einem zyklonalen Kaltlufteinbruch Typ I 1. Es folgen mehrere Staffeln immer kälterer Polarluft (der Kaltlufteinbruch Typ I 1 wird zu Typ I 3). Am 20. 1. bildet sich eine halbtägige Schleifzonenlage (Typ I 2) über Mittelfrankreich und Süddeutschland. Die Frontalzone wird rasch aufgelöst und wandert unter Bildung einer Wellenstörung vom 21. bis zum 22. 1. rasch ins Mittelmeer. Alle Straßen Nordbayerns haben eine einheitliche Schneeglätte.

Auf eine kartographische Darstellung dieses einheitlichen Straßenzustandes über Nordbayern wird auch in allen weiteren Fällen verzichtet, da nur die Darstellung regionaler Unterschiede geographisch ergiebig ist.

Unter dem Einfluß einer schwachen Hochdruckbrücke über Süddeutschland enden die Schneefälle zuerst in Südbayern und später auch in Nordbayern. Die Alterung des Straßenzustandes beginnt (Straßenzustandskarte 2 vom 24. 1. 1958). Verkehr und Sonne wandeln die Schneeglätte in Eisglätte um. Das Donautal, das schon am längsten im antizyklonalen Bereich Süddeutschlands liegt, die flachen Teile der Oberpfalz von Sulzbach bis Cham (leider liegt für dieses Gebiet fast immer nur eine „Einheitsmeldung“ des Straßenbauamtes Amberg vor) und die klimatisch begünstigten Gebiete um das Maindreieck und

Straßenzustandskarte 2 vom 24. 1. 1958

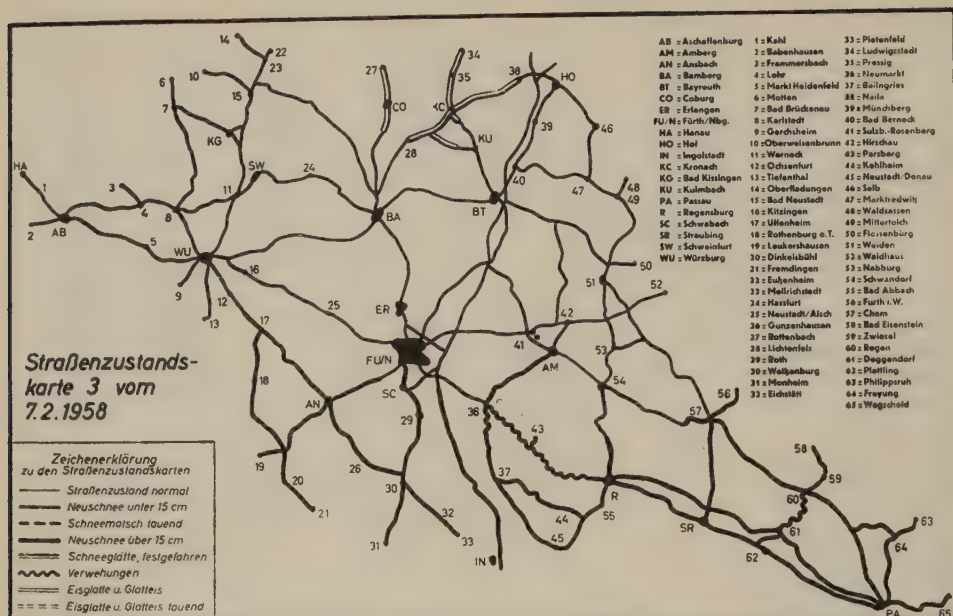


die Fränkische Saale im Niederschlagslee bei West- und Nordwestlagen von Spessart und Rhön haben nur noch Eisglätte und auch schon mehrere Straßenabschnitte ohne Straßenglätte. Vom 24. zum 25. 1. überquert ein schwaches Tief von Frankreich kommend das südliche Deutschland und ruft noch einmal einheitliche Schneeglätte in Nordbayern hervor. Das Tief löst sich zwischen einem russischen Hoch und einem über Spanien aus Südwesten erfolgenden Azorenhochvorstoß Richtung östliches Mitteleuropa auf. Durch den starken Warmluftzustrom auf seiner Westseite kräftigt sich das neue mitteleuropäische Höhenhoch. Der Kern des Bodenhochs wandert nach Deutschland zurück.

Die Alterung der am 25. 1. in Nordbayern wieder erneuerten Straßen-glätte geht in diesem Fall ähnlich wie oben beschrieben vor sich. Am 30. 1. erfolgt der Anbau eines neuen Hochvorstoßes aus dem Azoren-raum an das mitteleuropäische Hoch, das am 1. 2. seine größte Ausdehnung erreicht. Die Umwandlung der Schnee- in Eisglätte schreitet unter der an einer Absinkinversion in niedriger Höhe sich bildenden Nebeldecke nur noch langsam fort. Schneeglätte liegt nur mehr auf den Straßen der Rhön, der südlichen Frankenalb, des Oberpfälzer und Bayerischen Waldes. Die anderen Gebiete haben Eisglätte. Nur in den verkehrsreichen Gebieten um die größeren Städte (Aschaffenburg, Würzburg, Bamberg, Nürnberg und Kronach) sind Straßenabschnitte ohne Schnee- und Eisglätte.

Die fünf Tage dauernde Nebeldecke hat während der neuntägigen Hochdruckperiode die Straßenglätte vor Einstrahlung der Sonne geschützt und die Glätte weitgehend erhalten. Am 5. 2. wird das mitteleuropäische Hoch rasch abgebaut. Es weicht nach Süden zurück. Über Frankreich stellt

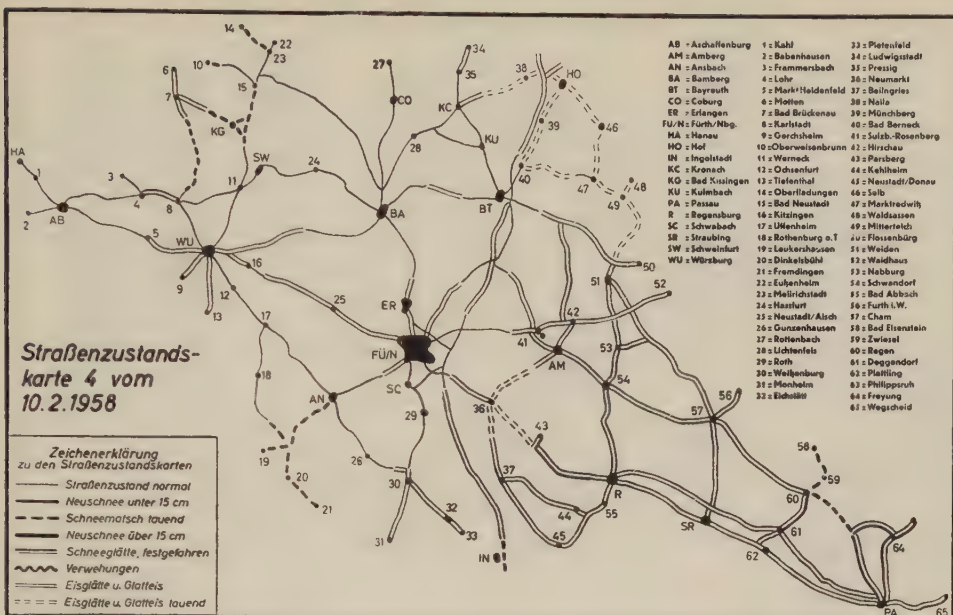
Straßenzustandskarte 3 vom 7. 2. 1958



sich kurze Zeit eine Westlage ein. Nach leichten Schneefällen geht der Niederschlag in Regen über. Stellenweise bildet sich Glätte (s. Figur 1), das aber durch weitere Regenfälle und Temperaturanstieg rasch abtaut. In der Nacht zum 6. 2. erfolgt ein allerdings nur schwacher Kaltlufteinbruch aus Norden (Typ I 3), der sich über Mitteleuropa gegen die Warmluft nicht recht durchsetzen kann. Am 7. 2. bildet sich über Süddeutschland zwischen der Kalt- und der Warmluft eine Schleifzone aus. Die anfangs schauerartigen und nicht sehr ergiebigen Schnee- und Regenfälle aus der eingeflossenen Kaltluft gehen bis zum Südrand des Thüringer Waldes und des Frankenwaldes in Starkschneefälle über, denen örtlich auch etwas Regen beigemischt ist. Wie die Straßenzustandskarte 3 vom 7. 2. 1958 zeigt, steigen die Schneemengen in Nordbayern von Norden nach Süden rasch an. Im Bayerischen Wald müssen mehrere Straßen gesperrt werden, darunter auch die B 11 von Deggendorf nach Regen. Infolge der großen Schneemengen entstehen trotz geringer Windgeschwindigkeiten auf der südlichen Frankenalb und stellenweise im Bayerischen Wald mittelhohe Schneeverwehungen. In Württemberg und Südbayern treten größere Verkehrsstockungen auf.

Am 8. 2. beendet ein auf dem Ostantlantik an der Frontalzone entstehendes größeres Tief die Schleifzonenlage (Typ VI 14), die nun von einer Südwestlage (Wetterkarte 10 vom 8. 2. 1958) abgelöst wird. Die Schneefälle gehen in Regen über. Die großen Niederschlagsmengen der letzten Tage lassen die Flüsse rasch anschwellen. An der Donau müssen B 16 und B 8 an mehreren Stellen wegen Hochwasser gesperrt werden. Die Schneeglätte geht rasch in Matsch über. Eisglätte bildet sich besonders durch die nächtliche Aufheiterung in der milden Südwestströmung

Straßenzustandskarte 4 vom 10. 2. 1958

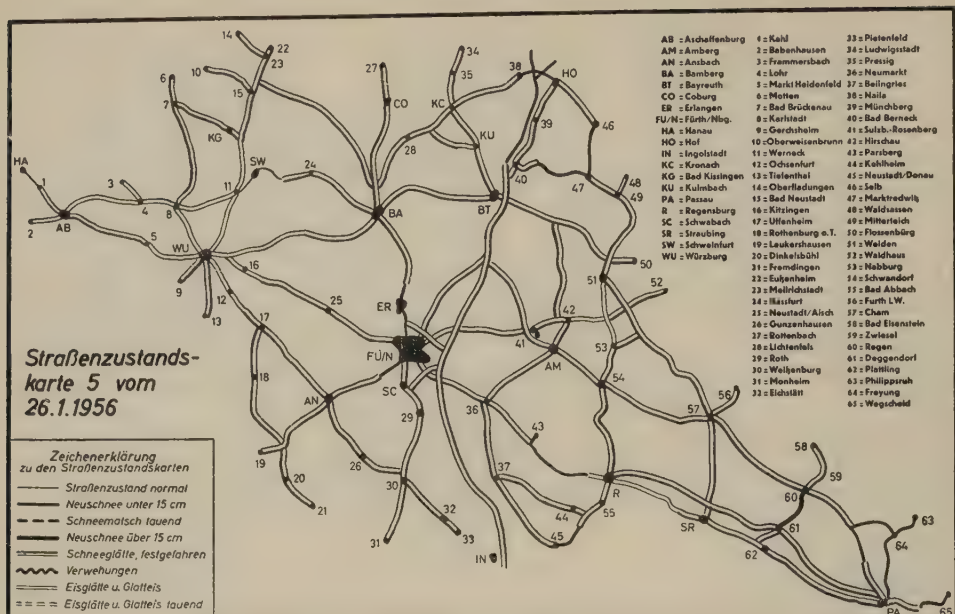


(örtlich sogar Strahlungsnebel infolge hoher Luftfeuchtigkeit) und Frost in Bodennähe, während die Temperaturen in zwei Meter Höhe meist um +2 Grad Celsius liegen (hierzu Straßenzustandskarte 4 vom 10. 2. 1958). Am 13. 2. ist die Straßenglätte bis auf wenige Reste in der Rhön, auf der südlichen Frankenalb um Parsberg, im Oberpfälzer und im Bayerischen Wald abgetaut.

Die Straßenglätteperiode des Januar/Februar 1958 war in Nürnberg-Buchenbühl mit insgesamt 20 Tagen (allerdings mit 4 Tagen Unterbrechung) die längste von Typ A, die während der 14 Winter vorkam (Figur 1). Nach den Meldungen der Straßenbauämter dauerte die Behinderung des Verkehrs in ganz Nordbayern mit insgesamt 22 Tagen sechs Tage länger als in Nürnberg-Buchenbühl, das im Kerngebiet des mittelfränkischen Beckens milderes Klima als seine Umrandungen hat. Nach Beendigung der Straßenglätteperiode halten sich noch längere Zeit Reste von Eisglätte auf einzelnen Straßenabschnitten der südlichen Frankenalb an der B 8, im Oberpfälzer Wald an B 15, B 22 und den davon nach Osten gehenden Straßen, sowie im Bayerischen Wald an der B 85 und der B 11.

c) Die Straßenglätteperiode von Typ B des Februar 1956 ist mit 35 Tagen Straßenglätte die längste Periode, die in Nürnberg-Buchenbühl während des Untersuchungszeitraums vorkam. Der Februar 1956 war dort mit einer Mitteltemperatur von -10,0 Grad (langjähriges Monatsmittel 0,0 Grad) außergewöhnlich kalt. Die Niederschlagsmengen liegen dagegen nur um oder unter 50% des langjährigen Mittels. Die tiefen Temperaturen resultieren aus der Advektion kalter trockener Fest-

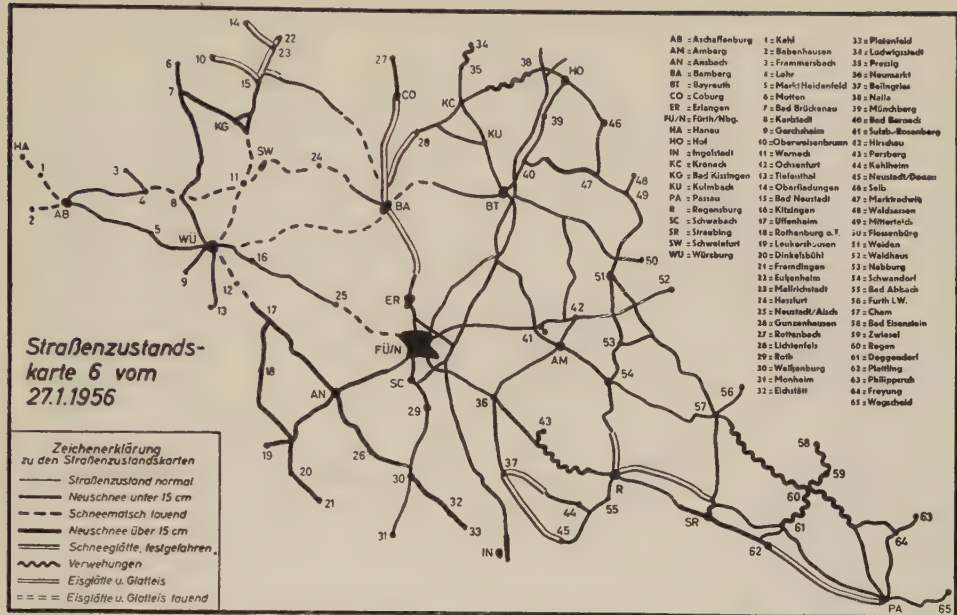
Straßenzustandskarte 5 vom 26. 1. 1956



landschaft aus östlichen Richtungen (Straßenglätteperiodentyp B) und nächtlichen Strahlungsverlusten, die über der den ganzen Monat anhaltenden Schneedecke noch besonders verstärkt werden.

Die Straßenglätteperiode beginnt in Nürnberg-Buchenbühl bereits am 24. 1. und dauert mit einer Unterbrechung am 1. und 2. 2. bis zum 1. 3. (Figur 1). Am Morgen des 24. 1. ist der Straßenzustand in Nordbayern überwiegend normal. Nur im Fichtelgebirge, im Oberpfälzer und im Bayerischen Wald haben die Straßen von den vorhergegangenen Kaltlufteinbrüchen einer länger dauernden Westwetterlage teilweise noch Schnee- oder Eisglätte, die aber im Laufe des Tages bis zum Eintreffen einer neuen Kaltfront abschmilzt. Der nun folgende Kaltlufteinbruch auf der Rückseite des vorletzten wetterwirksamen Tiefs einer Zyklonenserie (danach beginnt die lange kalte Ostlage) bringt ganz Nordbayern Schneeglätte. Die Niederschläge hören am 25. 1. allmählich auf, da von Westen her ein Zwischenhoch seinen Einfluß für einen Tag (26. 1.) geltend macht. Die Schneeglätte wird durch örtliche Regenschauer des Kaltlufteinbruches, später durch Sonneneinstrahlung und nächtlichen Strahlungsfrost in Eisglätte umgewandelt (Straßenzustandskarte 5 vom 26. 1. 1956). Die Gebiete um Aschaffenburg, Würzburg, Regensburg und die mittlere Oberpfalz treten durch besondere örtliche Klimagunst wiederum hervor. Die Eisglättebildung um Würzburg, Schweinfurt und Bad Neustadt im Lee von Spessart und Rhön wurde durch geringere Niederschlagsmengen begünstigt. Die auf der Straße entstehende dünne festgefahrene Schneeschicht wird schneller in Eis umgewandelt als die dicke Schneeglätteschicht der niederschlagsreicheren Gebiete.

Straßenzustandskarte 6 vom 27. 1. 1956



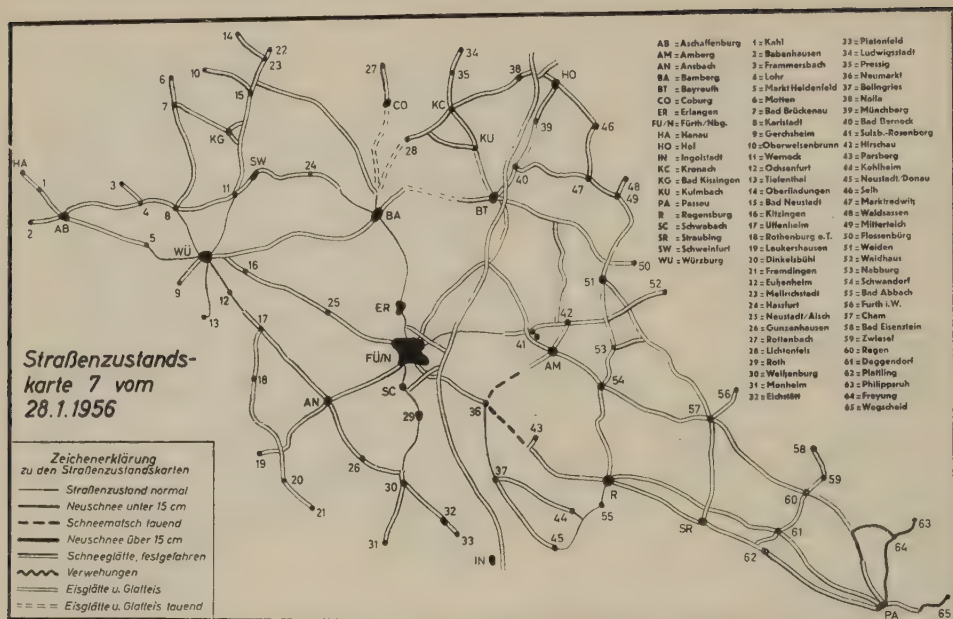
Nach dem Zwischenhoch folgt am 26./27. 1. das letzte in Mitteleuropa wetterwirksame Tief der Zyklonenserie, das durch den starken einsetzenden Druckanstieg über Skandinavien und Norddeutschland ins Mittelmeergebiet abgedrängt wird. Die starken Aufgleitschneefälle gehen innerhalb des Warmsektors in Regen über (Straßenzustandskarte 6 vom 27. 1. 1956). Die Schneeglätte wandelt sich stellenweise bereits in Matsch um.

Durch Regen und hohe Lufttemperatur im Bereich des Warmsektors geht die Schneeglätte vom 27. zum 28. 1. 1956 über fast dem gesamten Nordbayern in Eislätte über (Straßenzustandskarte 7 vom 28. 1. 1956). Nur Rhön, Frankenwald, Fichtelgebirge, Steinwald, südöstlicher Bayerischer Wald und Frankenalb (stellenweise) haben noch Schneeglätte.

Nach dem Durchzug dieses Tiefs strömt sofort aus Skandinavien Kaltluft ein. Es hat sich ein bis in das Polargebiet reichender Hochdruckrücken gebildet, der sich etwas ostwärts verlagert. Störungen greifen auf Westeuropa über und schützen mit ihrer bis nach Mitteleuropa reichenden Wolkendecke die eingeströmte Kaltluft vor Wärmeausstrahlungsverlusten. Diese Winkelwestlage dauert noch zwei Tage. Da sich inzwischen über Skandinavien ein steuerndes Hoch gebildet hat, das sich nun am 31. 1. über Mitteleuropa nach Westen hin auszudehnen beginnt, wird der ganze (aber nicht einheitliche) Witterungsabschnitt vom 29. 1. bis 4. 2. nach HESS und BREZOWSKY „Hoch Fennoskandien“ (HFa) genannt.

Die Niederschläge der Winkelwestlage und des Ostkaltlufteinbruches sind in Nordbayern so gering, daß sie sich auf den Straßenzustand fast überhaupt nicht auswirken. Die noch am 28. 1. (Straßenzustands-

Straßenzustandskarte 7 vom 28. 1. 1956

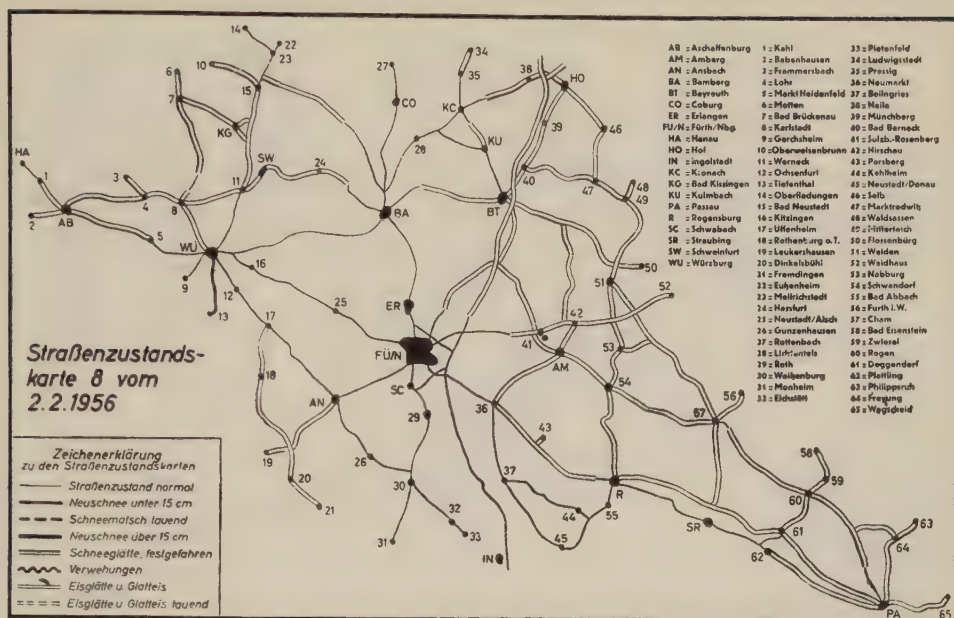


karte 7) über Nordbayern weit verbreitete Eisglätte nimmt immer mehr ab. Die einheitliche Wolkendecke der Winkelwestlage („aktives Aufgleiten“ der Warmluft) und der beginnenden Ostlage („passives Aufgleiten“) schützt vor stärkeren Strahlungsfrösten. Die verkehrsreichen Straßen um Würzburg, Bamberg, Kronach, Nürnberg und im Donautal verlieren die Eisglätte (Straßenzustandskarte 8 vom 2. 2. 1956). Nur im Osten von Spessart und Rhön hat sich die Straßenglätte besser erhalten als in den anderen klimagünstigeren Gebieten, da sie noch durch einige Aufgleitniederschläge der Winkelwestlage verstärkt wurde. Dieser sechstägige Witterungsabschnitt seit dem 28. 1. zeigt, daß der Straßenzustand nicht nur durch Tauwetter (Westlagen) sondern auch bei Ostlagen abnehmen kann, sobald die Abtauverluste nicht mehr durch genügende Neuschneefälle ausgeglichen werden können.

Am 4. und 5. 2. kommt die einzige schneebringende warmluftmodifizierte Nordostlage der Winter 1946/47—1959/60 zustande. Warmluft umfließt das skandinavische Hoch und dringt nach Südwesten gegen Mitteleuropa vor. Es bildet sich ein schmales Tief, das von Nordrußland über das Baltikum bis zu den Karpaten zieht. In Nordbayern fallen Schneemengen von 0,0 mm (Teuschnitz, Schweinfurt) bis 0,7 mm (Parsberg/Opf., Cham), die infolge der um $-10,0$ Grad liegenden Tagesmitteltemperaturen liegen bleiben und sogar die Straßenglätte örtlich etwas verstärken.

Die seit Tagen von den Azoren bis nach Nordsibirien reichende Hochdruckbrücke wird am 6. 2. und vor allem am 7. 2. (Wetterkarte 3 vom 8. 2. 1956) von kleineren Tiefs durchbrochen (Typ II 4). Die Hochdruckbrücke schließt sich jedesmal wieder, wodurch auf der Rückseite

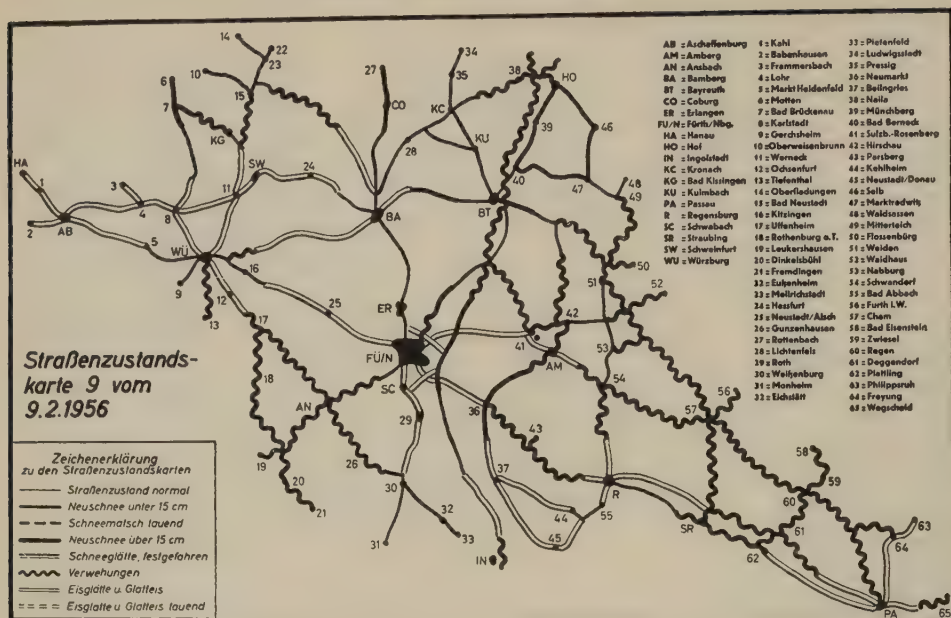
Straßenzustandskarte 8 vom 2. 2. 1956



der Tiefe erneut Kaltluft gegen Südwesten vordringen kann. Die stärksten Niederschläge fallen dabei in der Nacht zum 9. 2. (Straßenzustandskarte 9 vom 9. 2. 1956). Das über die Nordsee nach Süden gezogene Tief wird von einem erneuten Kaltlufteinbruch aus Nordosten über Deutschland Richtung Biskaya abgedrängt. (Wetterkarte 5 vom 9. 2. 1956). Das skandinavische Hoch hat sich wieder stark gekräftigt. Die Schneemengen werden durch Ost- bis Nordostwinde teilweise stark verweht. Nur in Waldgebieten — Spessart, Rhön, Frankenhöhe, Steigerwald, Fichtelgebirge — finden sich keine Verwehungen. Im Oberpfälzer und Bayerischen Wald kann der Wind die ohnehin viel stärkeren Stauniederschläge auf den vielen waldfreien Flächen (Äcker und Weiden) entlang der Verkehrslinien stark verwehen.

Bis zum 12. 2. fallen aus der hochreichenden Kaltluft über ganz Deutschland mit meist 0,0 bis 0,6 mm nur geringe Schneemengen (Typ III 7). Nur am 12. 2. greift auf Bayern und Baden-Württemberg das Schneefallgebiet eines über der Adria und Ungarn liegenden Tiefdrucksystems mit größeren Schneemengen (um 2—3 mm) über. In Nordbayern entstehen wieder verbreitet stärkere Verwehungen durch die vorherrschenden östlichen Bodenwinde. Vom 13. 2. bis 16. 2. steht Nordbayern unter dem Einfluß eines Höhentiefs — siehe Wetterkarte 6 vom 14. 2. 1956 — wobei sich die Schneedecke weiter erhöht und die Dicke der Schneeglätte auf den Straßen wächst. Den gleichen Erfolg hat auch die zwei Tage dauernde Vb-Lage (Typ V 9) am 19. und 20. 2. (Wetterkarte 8 vom 19. 2. 1956). In der nun folgenden überwiegend niederschlagslosen Zeit bis zum 28. 2. wird das Hochdrucksystem, das von Nordrußland bis in den

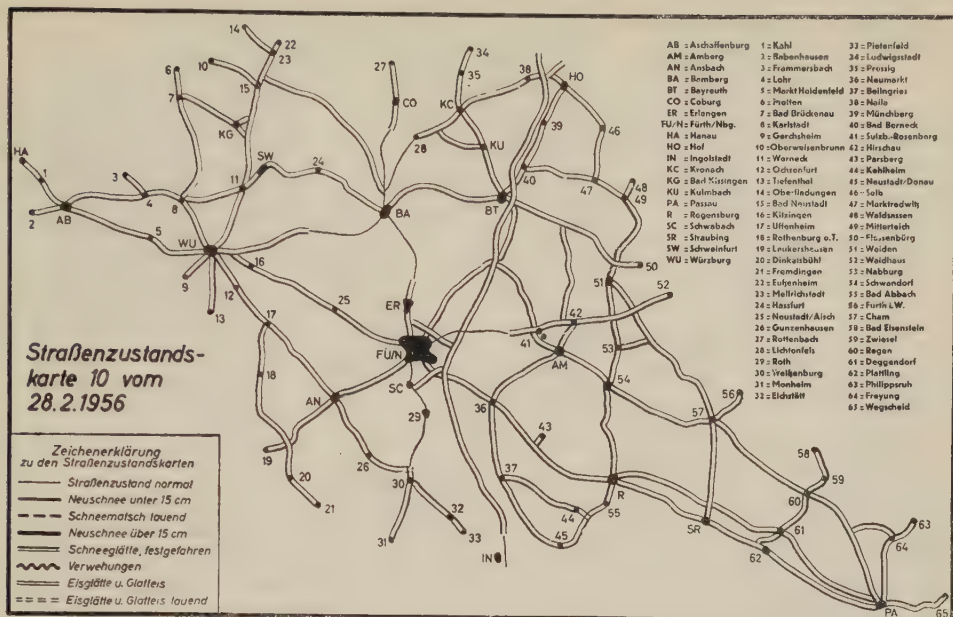
Straßenzustandskarte 9 vom 9. 2. 1956



isländischen Raum reicht, unter Verlagerung nach Süden allmählich schwächer. Das russische Hoch (nach REINEL Typ X: Hochbahnen östlicher Herkunft; siehe hierzu S. 61 und 63, 1960) kann aber noch eine Hochdruckbrücke zu einem Hoch mit Schwerpunkt über den Britischen Inseln (nach REINEL Typ VI: Hoch auf azorisch-subpolarer Bahn) aufrecht erhalten. Die östliche Luftzufuhr hält noch an, bis die Hochdruckbrücke um den 27. 2. Mitteleuropa endgültig erreicht hat. Vom 25. 2. an liegen die Temperaturmaxima in Nürnberg infolge starker Sonneneinstrahlung wieder über dem Gefrierpunkt, die nächtlichen Tiefwerte sind aber mit bis zu $-17,9$ Grad (27. 2.) durch die Ausstrahlung wieder so tief wie um die Monatsmitte. Der Straßenzustand Nordbayerns zeigt seit den Schneefällen der warmluftmodifizierten Nordwestlage (Typ II 4) vom 9. 2. einheitliche Schneeglätte, die durch die folgenden Witterungsperioden des niederschlagsarmen kontinentalen Kaltlufteinbruchs (Typ III 7), der Südost-Aufgleit-Lage (Typ V 9) und der erneuten kontinentalen Ostlage infolge der tiefen Temperaturen im wesentlichen gleich bleibt (Straßenzustandskarte 10 vom 28. 2. 1956). Nur die Straßen um Aschaffenburg, Bamberg, Nürnberg und ein Abschnitt im Donautal melden Eisglätte oder normalen Straßenzustand. Dort beginnen sich in den letzten Tagen des Februar bereits Mangel an Schneenachschub, verstärkte Sonneneinstrahlung und Verkehr auszuwirken.

Am 29. 2. wird die noch bestehende Hochdruckbrücke durch eine Westlage (Wetterkarte 9, Typ VI 12) von Norden her abgebaut. Die Niederschläge fallen in höher gelegenen Teilen Nordbayerns anfangs noch als Schnee und können teilweise sogar leichte Verwehungen erzeugen,

Straßenzustandskarte 10 vom 28. 2. 1956

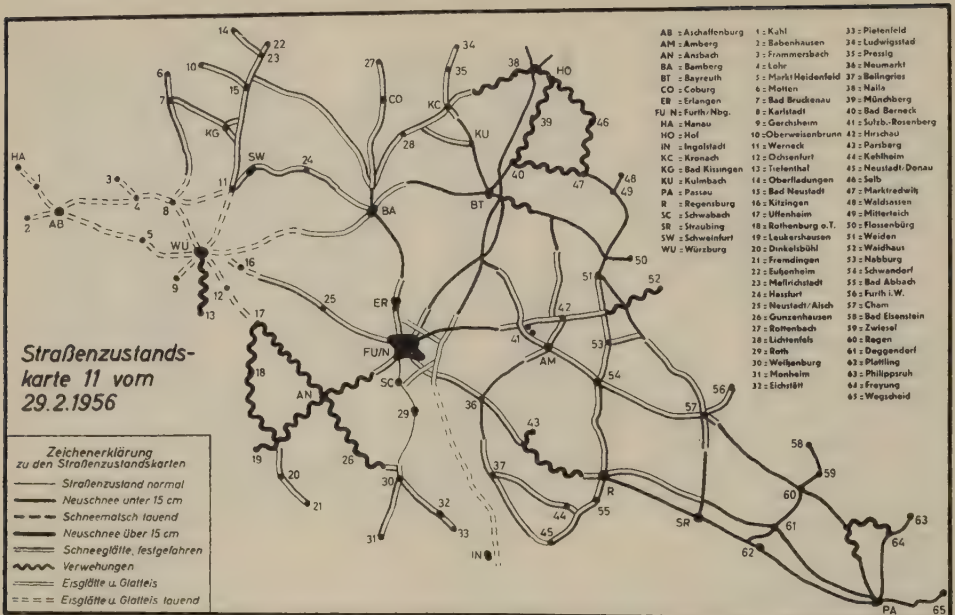


weil die Umstellung der Wetterlage rasch vor sich geht und deshalb die West- bis Südwestwinde schon ziemlich stark sind (Straßenzustandskarte 11 vom 29. 2. 56). Die höher gelegenen und durch ihre landschaftliche Offenheit gekennzeichneten Gebiete um Ansbach, Bayreuth, Hof, Parsberg, ferner Teile des Oberpfälzer und Bayerischen Waldes treten noch einmal besonders hervor. Um Bamberg und Nürnberg entsteht teilweise erneut Straßenglätte; infolge Regen und Luftwärme (besonders schon im Westen um Aschaffenburg und Würzburg) wandelt sich die Schneeglätte rasch in Eisglätte um und taut ab. Am 3. 3. ist bis auf wenige Reste im Oberpfälzer und Bayerischen Wald die Straßenglätteperiode des Februar 1956 beendet.

3. Zusammenfassung: Entstehen, Erhalten und Abtauen der Glätte

Die 515 Straßenzustandskarten der Winter 1955/56 bis 1959/60, von denen einige charakteristische Verteilungszustände der Besprechung der beiden Straßenglätteperioden beiliegen, wurden unter dem Gesichtspunkt der Veränderung des Straßenzustandes durch die Witterung durchgesehen (Tabelle 6). Für die Beurteilung der zu- und abnehmenden Schnee- und Eisglätte ist dabei eine sichtbare Veränderung von 5 bis 10 Prozent aller nordbayerischen Straßenabschnitte notwendig. Auf diese Weise können kleinere Beobachtungs- und Übermittlungsfehler, die das Material trotz kritischer Durcharbeitung und Korrektur noch enthält, ausgeglichen werden. Das Hauptgewicht zunehmender Schnee- und Eisglätte liegt naturgemäß bei den schneefallbringenden und Straßenglätte verursachenden

Straßenzustandskarte 11 vom 29. 2. 1956



Wettertypen I bis V, sowie VIa. Bei länger dauernden Nordwestlagen und bei maskierten Kaltlufteinbrüchen kann die Straßenglatte auch abnehmen (insgesamt 1,3%), wenn die Temperaturen noch über dem Gefrierpunkt liegen und der Niederschlag als Regen mit Schnee oder sogar nur als Regen fällt. Je kälter die herbeigeführte Luft ist, umso größer ist die Tendenz zur Erhaltung des Straßenzustandes (z. B. gleichbleibend bei Typ I 3 und III). Bei den West- und Südwestlagen ist der Taut Effekt vorherrschend. Ihre hohen Zahlen zunehmender Schnee- und Eislätte zeigen die bei den Straßenglatteperioden beschriebene glätteverstärkende oder -erzeugende Rolle der Warmluft. Die hohen Werte des gleichbleibenden Straßenzustandes (zusammen 5,8%) deuten die Wirkung der nächtlichen Ausstrahlung in der Warmluft (Frost in Erdbodennähe bei Plustemperaturen in 2 Meter Höhe) als besonderen eigenbürtigen Effekt (FLOHN, 1954, S. 29 und 138) auch dieser Wetterlagen bei zum Teil schon antizyklonaler Witterung an. Der Straßenzustand der Hochdrucklagen zeigt deutlich den verstärkten autochthonen Klimazug (der umso stärker wird, je größer u. a. die Luftruhe ist) der durch sie beherrschten Witterungsabschnitte. 25,8% aller Tage mit Straßenglatte in Nordbayern haben gleichbleibenden Straßenzustand (starker Strahlungsfrost oder schützende Bewölkung) und an 14,2% der Tage nimmt die Glätte ab (Verkehr, Sonneneinstrahlung). An 4 Tagen nimmt die Straßenglatte bei einer Hochdrucklage durch Nieseln aus einer Nebeldecke zu (Glatteis). Davon betroffen sind vor allem die im Winter nebelreicheren Gebiete um Würzburg und Schweinfurt, das Donautal und die mittlere Oberpfalz. Nürnberg-Buchenbühl hat dagegen nach Tabelle 3 in dem wesentlich längeren Zeitraum von 1946/47 bis 1959/60 nur drei Tage mit Glatteis bei Nebelwetterlagen.

Tabelle 6. Die durch die Witterung verursachte Veränderung des Straßenzustandes in Nordbayern (in Prozenten). Gesamtzahl der Tage mit Schnee- und Eisglätte: 515 (Winter 1955/56 bis 1959/60).

Wettertyp	Schnee- und Eisglätte		
	zunehmend	gleichbleibend	abnehmend
I 1 Nordwestlagen	3,5	0,2	1,1
I 3 Nordlagen	5,2	1,9	0,2
II Warmluftmod. Nordwestl.	1,4	0,4	—
III Nordost- und Ostlagen	2,2	2,2	0,8
IV Kaltlufttropfen	2,9	0,8	—
V Südost-Aufgleit-Lagen	2,5	0,6	0,2
VI West- u. Südwestl. (i. d. Höhe)	2,5	0,6	—
11-14 Westlagen	2,9	2,5	8,7
Südwestlagen	2,1	3,3	10,5
Hochdrucklagen	0,8	25,8	14,2

Tabelle 6 kann mit Tabelle 3 (Seite 25) nur unter Vorbehalt verglichen werden. Die Beobachtungsreihen stimmen nur zum Teil überein. Die Mitteltemperatur der Winter 1955/56 bis 1959/60 (Tabelle 5) ist um 0,1 Grad höher als die mit dem langjährigen Wintermittel übereinstimmende Periode 1946/47 bis 1959/60. Da außerdem die fünfjährige Periode 1955/56 bis 1959/60 und die neunjährige Periode 1946/47 bis 1954/55 je zwei außergewöhnlich warme Winter enthalten (die zu kalten Winter sind anteilmäßig etwa gleich), kann durch die unterschiedliche Länge der Beobachtungsreihen ihre Vergleichbarkeit beeinträchtigt werden. Schließlich enthält der Zeitraum 1953/56 bis 1959/60 außergewöhnlich viele Straßenglätteperioden von Typ A (Tabelle 4). Besonders interessant ist der in Nürnberg-Buchenbühl (Tabelle 3) fast doppelt so hohe Prozentsatz der Tage mit Straßenglätte bei zyklonalen Kaltlufteinbrüchen (Typ I). Die Abweichung der Werte ergibt sich durch die unterschiedliche Beobachtungsweise. Der Nürnberger Beobachter registriert die Straßenglätte während des ganzen Tages, dagegen melden die Straßenmeistereien den Straßenzustand nur jeweils um 6 Uhr früh. Sie erfassen also keine Straßenglätte, die im Laufe des Tages oder der Nacht entstanden und bis zum Beobachtungstermin bereits wieder abgetaut ist. Die Verschiebung der Prozentwerte aus den beiden Tabellen 6 und 3 bei Nord- und Nordwestlagen kann ferner mit dem allgemein milderen Klima Nürnbergs erklärt werden, das gegenüber anderen kälteren Bereichen Nordbayerns von Vorteil ist, sobald die im Winterwetter kritische Nullgradgrenze erreicht wird. So entsteht häufig bei zyklonalen Kaltlufteinbrüchen in höher gelegenen Teilen Nordbayerns (z. B. Alb, Oberpfälzer und Bayerischer Wald) bei Temperaturen um oder etwas über dem Gefrierpunkt Straßenglätte, während es zur gleichen Zeit um Nürnberg, Bamberg oder Würzburg noch regnet. Analog können bei den „umgekehrten“ Wettervorgängen der West- und Südwestlagen die prozentualen Unterschiede in den beiden Tabellen erklärt werden.

Zusammenfassend werden nun die im Teil C immer wiederkehrenden und für das Entstehen, Erhalten und Abtauen der Straßenglätte (Straßen-

glätteperioden) wichtigen und fast ausschließlich witterungsklimatologischen Faktoren dargestellt, wobei die schwer festzustellende, an sich geringfügige, aber ständig wirksame Verringerung der Glätte durch Verdunstung nicht gesondert behandelt wird.

A) Entstehen der Straßenglätte:

1. Abkühlen der unteren Schichten der Atmosphäre und Erdbodengefrorenis durch Kaltluftereinbrüche.
2. Niederschlag als Schnee oder gefrierender Regen.
3. Äußere Einflüsse (z. B. Verkehr) dürfen die straßenglättebildenden Faktoren nicht wieder aufheben.

B) Erhalten der Straßenglätte:

1. Temperatur: a) Kaltluftbildung durch Ausstrahlung oder Kaltluftadvektion.
b) Erdbodengefrorenis.
2. Niederschlag a) Eine ausreichende Menge muß gefallen sein.
b) Die Neuzufuhr von Schnee muß die Abtauverluste immer wieder ausgleichen.

C) Abtauen der Straßenglätte:

1. Sonneneinstrahlung (Verschmutzen der Schneeglätte wirkt abtauverstärkend).
2. Tauwetterlagen mit a) Temperaturanstieg (Advektion von Warmluft).
b) Regen (zusätzliche Wärmezufuhr).
3. Verkehr (Reibungs- und Druckwärme).

Je nach geographischer Lage eines Straßenabschnittes wird bei gleicher Witterung die eine oder andere Gruppe bzw. Kombination glätteverändernder Faktoren wichtig sein. Zwischen zwei benachbarten Straßen, die durch einen größeren Höhenunterschied getrennt sind, ist die vertikale Temperaturschichtung der Luftmassen und damit die Frage, ob es noch regnet oder schon schneit von grundlegender Wichtigkeit (z. B. B 4 von Nürnberg nach Bamberg und dagegen B 2 von Forth bei Nürnberg über die Frankenalb nach Bayreuth).

Leider kann in dieser Arbeit der Einfluß des Verkehrs sowie des „Sonderklimas“ der Städte (z. B. durch die um etwa 1 Grad Celsius höhere Mitteltemperatur der Stadt zur Umgebung) auf den Straßenzustand nicht stärker berücksichtigt werden. Das Material läßt dies nicht zu. Die Beobachtungsstrecken sind nach den Bauabschnitten der Straßenbauämter eingeteilt und erfassen nur die Straßen außerhalb der Städte. Trotzdem konnte bei den Straßenzustandskarten 2, 5, 7 und 10 öfter auf das verstärkte Abtauen bzw. die raschere Umwandlung von Schnee- in Eisglätte in Stadtnähe hingewiesen werden (hierzu Bild 4).

4. Die Verteilung der Straßenglätte in Nordbayern

ist das sichtbare Ergebnis der Auswirkungen der geographischen Lage der Straßen sowie der winterlichen Witterungsabschnitte. Es kommt äußerst selten vor, daß wie am 21. 1. 1960 (vgl. hierzu Wetterkarte 1 vom 20. 1. 1960) eine Trennlinie zwischen antizyklonaler und zyklonaler Witte-

rung quer durch Nordbayern verläuft; sie wird sich so stark nur bei größeren Luftdruckunterschieden zwischen einem von Westen vorstoßenden Hoch und einem nur zögernd nach Osten abziehenden Sturmtief ausbilden. Dagegen scheint sich im Norden unseres Untersuchungsraumes eine wirk-same Wetterscheide durch den Einfluß der deutschen Mittelgebirge hinzu-ziehen. Nach BAND (1955) nimmt die Zahl der Frontdurchgänge zwischen den Linien Mannheim—Heidelberg—Würzburg—Nürnberg—Erlangen und Marburg—Gießen—Göttingen stark zu. Besonders auffallend sind die häu-figen Neuschneemeldungen der B 85 zwischen Pressig und Ludwigsstadt bei antizyklonaler Witterung über Süddeutschland. Einen großen Anteil an der über Süddeutschland größeren Hochdruckhäufigkeit haben nach REI-NEL (1960) die azorischen Zwischenhochs, deren häufigste Zugbahnen etwa dem Lauf der Donau folgen.

Die Karte der mittleren Zahl der Tage mit Straßenglätte pro Winter (s. S. 47) zeigt große Ähnlichkeit mit der jährlichen Dauer der Schneedecke (vgl. HAEUSER, 1920 und HEBNBR, 1928). Da die Schneedecke auf der Straße größerer Beeinflussung von außen unterliegt (vgl. Teil C 3), wird die Zahl der Tage mit Straßenglätte geringer als die Dauer der Schneedecke sein. In Ausnahmefällen kann die Schneedecke durch kurz-dauerndes Tauwetter beseitigt, die in Eis umgewandelte Straßenglätte in-folge langsameren Abtauens in geschützten Lagen durch einen nachfol-genden Kaltlufteinbruch noch lange Zeit erhalten werden. Fälle dieser Art sind verhältnismäßig selten und wirken sich in der Karte der mittleren Dauer der Straßenglätte nur an einigen Stellen aus. In waldreicheren und höher gelegenen Gebieten ist die Differenz zwischen Schneedecke und Straßenglätte auffallend gering: im Spessart B 8 und 26, im Fichtelgebirge B 303 und im Bayerischen Wald besonders die B 11 zwischen Regen und Deggendorf. Im allgemeinen nimmt die Dauer der Straßenglätte von We-sten nach Osten zu. Die Ursachen sind steigende Meereshöhe und fort-schreitende Kontinentalisierung des Klimas (z. B. in der Oberpfalz).

Die straßenglättearmen Gebiete liegen in Nordbayern in nie-driger Meereshöhe entlang von Main und Donau, sowie an deren Zuflüs-sen. Mit im Mittel unter 30 Tagen Straßenglätte pro Winter herrschen am Main von Kahl bis Schweinfurt die günstigsten Verkehrsverhältnisse; dies darf man annehmen, obwohl den Lauf des Mains nur streckenweise Stra-ßenabschnitte mit Meldungen begleiten. Die Leewirkung von Spessart und Rhön zeigt sich besonders an den Straßen von Lohr nach Frammersbach (27 Tage) und von Mellrichstadt nach Oberfladungen (34 Tage). Außerdem liegen die Straßenabschnitte in die östliche Rhön durchwegs am Sonnen-hang der Täler. Im Osten von Frankenhöhe, Steigerwald und den Haß-bergen (Leewirkung) zieht sich entlang B 4 und 2 sowie gegen Ansbach ein weiteres straßenglättearmes Gebiet hin. Interessant ist hier die Aus-wirkung des lokalen Waldklimas an der B 13 zwischen Ellingen und Stopfenheim (41 Tage), die in West-Ost-Richtung verläuft (Verminderung der Sonneneinstrahlung) und kaum einen Unterschied zur Dauer der Schneedecke zeigt (zwischen 40 und 45 Tagen). Die Leewirkung der Fran-kenalb erstreckt sich über Kulmbach und Bayreuth bis Pegnitz. Die süd-liche Oberpfalz um Amberg und Schwandorf zeigt trotz geringerer Höhen-lage und weniger Niederschlag keinen Unterschied zur mittleren Franken-

alb um Neumarkt und Parsberg, obwohl zwischen beiden Gebieten ein Unterschied in der Dauer der Schneedecke von 20 bis 30 Tagen besteht. Die gleiche Andauer der Straßenglätte kann nur mit der unterschiedlichen Verkehrsdichte (besonders im Winter) von B 8 bzw. B 15 und 85 erklärt werden. Im Lee des Bayerischen Waldes liegen mit rund 77 Tagen Straßenglätte die B 85 von Cham bis Tittling und die Straßen um Freyung. Besonders klimabegünstigt sind das Altmühltal um Beilngries und das Donautal um Straubing, Plattling und Deggendorf. Durch das Regensburger Lokalklima (Kälteinsel und häufige Nebelbildung im Winter) wird die Differenz zwischen Schneedecke und Straßenglätte wieder sehr gering. Die B 20 benutzt zwischen Straubing und Cham das breit angelegte Talsystem der Kinsach in einer Ausräumungszone mit günstigerem Klima als die um durchschnittlich 2—300 m höhere Umgebung. Im eng eingeschnittenen Donautal vor Passau steigt die Dauer der Straßenglätte wieder an. Die B 8 liegt am Schatthang; dagegen hat die gegenüberliegende Landstraße von Passau bis Neßlbach längere Sonneneinstrahlung, die sich aber wegen des geringeren Verkehrs nicht glätteverringend auswirken kann.

Die herausragenden Gebiete mit starker Straßenglätte sind die durch Nordbayern verlaufenden Höhenzüge mit tieferen Temperaturen und Niederschlagsreichtum: Spessart (44 bis 50 Tage Straßenglätte), Frankenhöhe-Steigerwald (40 bis 44 Tage) und die nördliche und südliche Frankenalb (60 bis 63 Tage). In den ostbayerischen Mittelgebirgshöhen (Frankenwald, Fichtelgebirge, sowie Oberpfälzer, Bayerischer und Böhmerwald) wird der Verkehr im Winter mit durchwegs über 70 Tagen Straßenglätte etwa dreimal so lang behindert als am Main bei Aschaffenburg oder Würzburg.

Die Karte der mittleren Zahl der Tage mit Verwehungen pro Winter (s. S. 47) ergibt eine teilweise ganz andere Verteilung der winterlichen Verkehrsbehinderung als die Karte der Dauer von Schnee- und Eisglätte. (Die Tage mit Verwehungen sind aber als Tage mit Schneeglätte in der Karte der Dauer der Straßenglätte enthalten). Die Karte der Verwehungen zeigt natürlich nur zum Teil die wahren Verhältnisse in Nordbayern, da jeden Winter durch Schneeschutzanlagen die Verwehungsgefahr, die ja nur örtlich durch die Möglichkeit einer Schneeablagerung an Hindernissen und durch den Windreichtum gegeben ist, beträchtlich herabgemindert wird. Grundsätzlich können in Waldgebieten ohne größere freie Flächen, auf denen der Wind Schnee aufwirbelt und später an Hindernissen wieder ablagert¹⁾, keine Verwehungen entstehen (Spessart; vgl. auch Straßenzustandskarte 9). Ferner meldeten in den fünf Wintern neben den Bundesstraßen im Spessart, einige Straßen um Würzburg, die walddreicheren Gebiete im Osten Nürnbergs und die B 8 um Regensburg keine Verwehungen. Bemerkenswert wenig Verwehungen hat auch die Autobahn München—Berlin infolge verstärkter Schneeschutzanlagen und besonderer baulicher Streckenführung (z. B. weitgehende Vermeidung von flachen Einschnitten; Beseitigung von Geländeunebenheiten in Fahrbahnnähe, hinter denen sich Schneewehen bilden könnten).

¹⁾ vgl. Vorschriften über die Aufstellung von Schneezäunen an Bundesstraßen und Bahngleisen. S. Literaturverzeichnis.

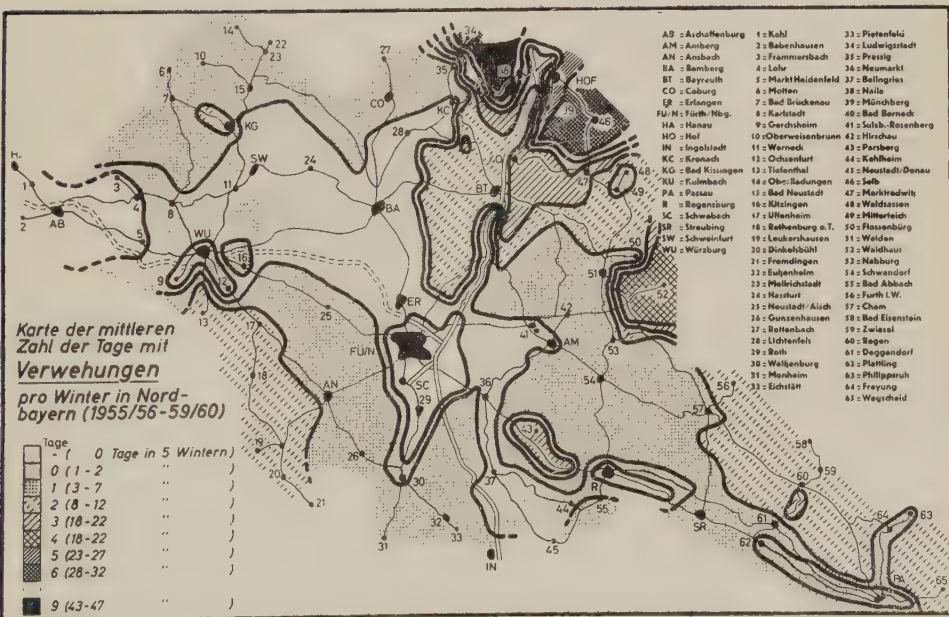
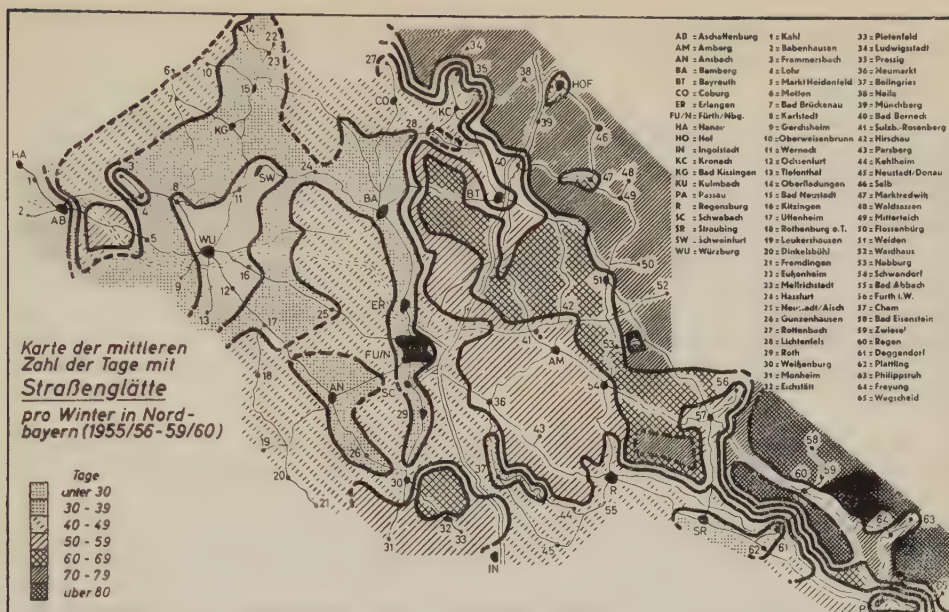


Tabelle 7. Zahl der Tage mit Verwehungen in den Wintern 1955/56 bis 1959/60

Wettertyp	Nordbayern			Oberfranken		
	Verwehungen	verein- zelt	stärker	ver- breitet	verein- zelt	stärker ver- breitet
Nordwestlagen und Troglagen mit Mittelmeerstörungen (I, V 10)		6	1	1	4	1 2
Nordlagen		9	4	1	5	6 1
Warmluftmod. Nordwestlagen		2	2	—	1	3 —
Nordost- und Ostlagen (III)						
Kaltlufttropfen (IV)		26	5	3	9	14 4
Südost-Aufgleit-Lagen (V 9)						
Warmluftmod. Nordostlagen		3	—	—	3	— —
West- und Südwestlagen		7	4	—	4	5 —

Das oberfränkische Gebiet wird gesondert betrachtet. Alle nur in Oberfranken vorkommenden Verwehungen sind in den Zahlen über Nordbayern mit enthalten. Ein Tag mit Verwehungen, der in Oberfranken mit vereinzelt oder stärkeren Verwehungen registriert ist, kommt in die Übersicht für ganz Nordbayern oft nur in die Spalte mit vereinzelt Verwehungen, wenn die Verwehungen sich auf Oberfranken beschränken. Der größere zahlenmäßige Unterschied zwischen „Nordbayern“ und „Oberfranken“ bei kontinentalen Ostlagen kommt von der größeren lokalen Unterschiedlichkeit der Niederschläge besonders bei Südost-Aufgleit-Lagen (V 9) und auch bei Ostlagen mit Kaltlufttropfen, deren Niederschlagsgebiet öfters Oberfranken nicht mehr berührt.

Schneeschutzlagen (Schneehecken und Schneezäune) befinden sich in Nordbayern in der Regel auf der Südwest- bis Nordwestseite verwehungsgefährdeter Abschnitte der Verkehrslinien. In Oberfranken (besonders im Fichtelgebirge und Frankenwald) fällt auf, daß Schneeschutzanlagen fast überall sowohl auf der Südwest- bis Nordwestseite als auch auf der Ost- bis Nordseite stehen.

Wie Tabelle 7 zeigt, entstehen Verwehungen bei fast allen Wetterlagen. Eine große Gruppe bilden die Nordwest- und Nordlagen mit Winden, die über Nordbayern mit südwestlicher bis nordwestlicher Komponente in die im Norden unseres Untersuchungsgebietes nach Osten bis Südosten vorbeiziehenden Tiefs wehen. Bei den West- und Südwestlagen entstehen nur Verwehungen, wenn diese Wetterlagen ein Hochdruckgebiet rasch abbauen und dadurch größere Windstärken und Turbulenz in der vorgelagerten Kaltluft erzeugen können. Bei warmluftmodifizierten Nordwest- und Nordostlagen kommen Verwehungen verhältnismäßig selten vor (meist im Frankenwald durch Düsenwirkung von Thüringer Wald und Erzgebirge; siehe auch weiter unten), da diese Wettertypen zahlenmäßig nicht sehr stark ins Gewicht fallen.

In den schneereicheren Gebieten von Frankenwald und Fichtelgebirge häufen sich dagegen die Verwehungen infolge des großen Windreichtums (6 bis 9 Tage Verwehungen pro Winter). Mit 46% aller vorkommenden Verwehungen sind die kontinentalen Ostlagen allgemein die stärkste Gruppe. Ihr häufigstes Verbreitungsgebiet ist Oberfranken. Dabei zeigt sich an Hand der Karte der Dauer der Verwehungen pro Jahr, daß der sogenannte Böhmische Wind im Fichtelgebirge (durch das Egertal) und im Oberpfälzer Wald (B 14 und 22) an den Verwehungen anteilmäßig gar nicht so stark vertreten ist. Die meisten Verwehungen treten im Frankenwald (besonders B 173, auch B 85) bei Winden aus Nord bis Ost als Folge der Düsenwirkung von Erzgebirge und Thüringer Wald auf (analog

also: Sächsischer Wind!). Die verwehungsreichen Abschnitte der B 85, 173, 2 und 15 laufen in diesen Gebieten etwa in der Hauptrichtung des Windes bei antizyklonalen Ostlagen (von Nordnordost nach Südsüdwest). Ferner ist im Frankenwald bei Nordlagen die Verwehungsgefahr noch sehr groß. Verhältnismäßig windreich ist auch ein Nebental des Regen, das die B 11 von Regen Richtung Deggendorf benutzt. Auf der nördlichen und besonders auch der mittleren Frankenalb bei Parsberg sind wegen der allseitigen Offenheit des Geländes Verwehungen bei allen Wettertypen möglich. Im großen und ganzen nehmen in Nordbayern die Zahlen der Tage mit Verwehungen und Straßenglätte von Westen nach Osten zu. Das Klima wird kontinentaler und durch den Stau der vorherrschenden westlichen Winde wächst der Niederschlagsreichtum (und mit der Höhe auch der Schneeanteil) bis zur Linie Frankenwald—Bayerischer Wald.

D) Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit hat zwei Aufgaben: die klimatologische Untersuchung 1. der Schneefallwettertypen und 2. der winterlichen Straßenglätte. Die Klassifikation der Schneefallwettertypen basiert auf einem Teil des meteorologischen Elementes „Niederschlag“. Für das Zustandekommen von Schneefall ist das Wechselspiel von Kalt- und Warmluft (relativ gesehen), das sowohl in der Höhe wie auch am Boden wetterwirksam sein kann, entscheidend: Kaltluftvorstoß und Wärmewelle (vgl. BLUTHGEN, 1941, S. 246). Die geographische Herkunft der am Wettergeschehen beteiligten Luftmassen muß berücksichtigt werden. Ihre je nach Entstehungsort verschiedenen Eigenschaften (Subtropikluft, maritime oder kontinentale Polarluft) und die Beeinflussung durch die Unterlage, über die sie strömen, bestimmen das Wettergeschehen (d. h. für unsere Zwecke vorwiegend die herrschenden Temperaturverhältnisse und die Schneemengen). Da nach allgemein meteorologischer Definition die Wetterlage ein Augenblicksbild ist, werden die einige Minuten bis mehrere Tage andauernden und im wesentlichen gleichbleibenden atmosphärischen Zustände (Schneefall-) Wettertypen genannt. Es besteht eine theoretische Übereinstimmung der Wettertypen mit den Großwetterlagen BAURs (eigentlich sollten sie „Großwitterungslagen“ benannt werden; vgl. BAUR, 1948, S. 1 und SCHUEPP, 1959, S. 243), den Wetterlagen LAUSCHERS (1954) oder den Witterungslagen SCHUEPPs (1959). In diesen Klassifikationen wechseln geographische Bezeichnungen der Wettertypen, die den Luftmassentransport unmittelbar beschreiben, mit meteorologischen Begriffen der Wetterlagen, von denen der Luftmassentransport erst abgeleitet werden muß. Da es sich um eine klimatologische Aufgabenstellung im Rahmen der Geographie handelt, hält sich die Benennung der Schneefallwettertypen mehr an geographische Begriffe (vgl. FLOHN, 1954, S. 60: Zusammenfassung der Großwetterlagen von HESS und BREZOWSKY).

Die für Nordbayern gefundenen sechs schneefallbringenden Wettertypen lassen sich auch für andere Gebiete Mitteleuropas anwenden (wenn man noch einen 7. Typ dazurechnet, der aber für Nordbayern unwichtig ist, s. B 1), wobei sich je nach geographischer Lage des Untersuchungsraumes der prozentuale Anteil der Typen untereinander verschiebt. Die

Glatteisfälle lassen sich in dieses Schema einordnen. Die Niederschlagsverhältnisse der Wittertypen sind je nach Herkunft, Unterlage und Weg verschieden; auch Unregelmäßigkeiten des Niederschlags (z. B. Starkschneefälle bei großen Luftdruckgegensätzen und Windstärken) verwischen sich im langjährigen Mittel.

Die winterliche Straßenglätte in Nordbayern wird meist durch Schneefall der sechs Wittertypen verursacht. Bei den kontinentalen Advektivlagen kann trotz großer Kälte Schneeglätte oft nicht entstehen, weil meist wenig Schnee fällt. Längerdauernde Straßenglätte hat beim Entstehen, Erhalten und Abtauen einen charakteristischen Wittertypenablauf (Straßenglätteperioden), der in zwei Typen aufgeteilt werden kann und von gewisser prognostischer Bedeutung ist. Bei den straßenglätte-erhaltenden Wittertypen der beiden Perioden herrscht eine in ihren Ursachen besonders gegensätzliche Witterung: Der Azorenhochvorstoß nach Mitteleuropa mit verstärkter eigenbürtiger Witterung und die kontinentale advektive Ostlage mit einem Hoch über Nordeuropa.

Die Zusammenfassung der täglichen Straßenzustandsverteilung ergibt für Nordbayern ein Bild, das dem der Verteilung der Schneedecke ähnlich ist. Schneeverwehungen sind besonders in Oberfranken verbreitet. Im Fichtelgebirge und im Oberpfälzer Wald macht sich der sogenannte Böhmische Wind stark bemerkbar. Die meisten Verwehungen aber treten im Frankenwald bei Winden aus Nord bis Ost als Folge der Düsenwirkung von Erzgebirge und Thüringer Wald auf (analog also: Sächsischer Wind). Der Zustand der Straßenglätte ist ursächlich zwar von der Witterung abhängig, jedoch hat der Verkehr besonders auf die Umwandlung von Schnee- in Eisglätte und auf das Abtauen der Glätte großen Einfluß; ferner spielen die geographischen Verhältnisse an den Straßenstrecken (Relief, Exposition, Bewaldung) eine entscheidende Rolle.

E) Literaturverzeichnis

Verfasser	Ersch.- Jahr	Titel
BAND, G.	1955	Ist der Main eine Wetterscheide? ZfMet 9, S. 14
BAUR, F.	1936	Die Bedeutung der Stratosphäre für die Großwetterlage. MetZ 1936, S. 237
— ders.	1948	Einführung in die Großwetterkunde. Wiesbaden.
BERGERON, T. und SWOBODA, G.	1924	Wellen und Wirbel an einer quasistationären Grenzfläche über Europa. Veröff. Geophys. Inst. Leipzig 3, 2. Serie, S. 63.
BERGERON, T.	1936	Physik der atmosphärischen Fronten und ihrer Störungen. ZAngewMet 53, S. 381.
BLUTHGEN, J.	1940	Geographie der winterlichen Kaltlufteinbrüche in Europa. Archiv Dt Seewarte 60, Hamburg.
— ders.	1941	Kaltlufteinbrüche und Wärmewellen als Grundlage von Klimauntersuchungen. ZAngewMet 58, S. 244.

- BUSCHNER, W. 1951 Untersuchungen über Verlagerung, Aufbau und Dynamik zweier winterlicher Kaltlufttropfen. Ber Dt Wetterdienst US-Zone 23, Bad Kissingen.
- DAMMANN, W. 1960 Klimatologie der atmosphärischen Störungen über Europa. Erdkunde 14, S. 204.
- DINIES, E. 1947 Zur Dynamik der Fronten. Wiss. Arbeiten Dt Met Dienst franz. Besatzungsgebiet 1.
- FICKER, H. von 1922 Kaltlufteinbrüche über Lindenberg. MetZ 39, S. 65.
- ders. 1926 Maskierte Kaltlufteinbrüche. MetZ 43, S. 186.
- FLOHN, H. und HUTTARY, J. 1950 Über die Bedeutung der Vb-Lagen für das Niederschlagsregime Mitteleuropas. MetR 3, S. 167.
- FLOHN, H. 1951 Bemerkungen zu vorstehender Arbeit von H. MAEDE (Zur Frage der Abgrenzung des Wirkungsbereiches einer Wetterlage). ZfMet 5, S. 273.
- ders. 1954² Witterung und Klima in Mitteleuropa. Forsch Dt Landeskunde 78, Stuttgart.
- FRITZ, G. 1934 Die Wetterlagen bei langandauernden Schneedeckenperioden in Deutschland. Diss. Berlin 1934.
- FONTAINE, P. 1959 Nouvelles données sur l'enneigement moyen d'hiver et de printemps dans les Alpes françaises. Ber Dt Wetterdienst 54, Offenbach.
- GOLDSCHMIDT, H. 1950 Die Singularitäten im jährlichen Witterungsverlauf von Wahnsdorf. Abh. Met Dienst DDR 2.
- GRUNEWALD, G. 1959 Typisierung mitteleuropäischer Witterungsumschläge. Abh. Met und Hydr Dienst DDR 7, Nr. 51.
- HAEUSER, J. 1920 Karte der Dauer der Schneedecke in Bayern. Veröff Bayer Landesstelle f Gewässerkunde, München.
- HANN, J. und SURING, R. 1951⁵ Lehrbuch der Meteorologie.
- HEBNER, E. 1928 Die Dauer der Schneedecke in Deutschland. Forsch Dt Landeskunde 26, Stuttgart.
- HESS, P. und BREZOWSKY, H. 1952 Katalog der Großwetterlagen Mitteleuropas. Ber Dt Wetterdienst US-Zone 33.
- JOHN, H. 1953 Über den Aufbau und die Entwicklung von Kaltlufttropfen. Veröff Geophys Inst Leipzig 16, 2. Serie.
- KLOPPEL, M. 1938 Die meteorologischen Bedingungen für starken Schneefall im Thüringer Wald. Diss Jena.
- KRUHL, H. 1948 Beitrag zur Bildung von Kaltlufttropfen. ZfMet 2, S. 18.
- LAUSCHER, F. 1954² Dynamische Klimaskizze von Österreich, in FLOHN: Witterung und Klima von Mitteleuropa. Forsch Dt Landeskunde 78, Stuttgart.
- LAUTENSACH, H. 1940 Klimakunde als Zweig länderkundlicher Forschung. Geograph Zeitschrift 46, S. 393.
- MOESE, O. 1937 Stau und Föhn als Hauptfaktor für das Klima Schlesiens. Veröff Schles Ges Erdk 23.
- REINEL, H. 1960 Die Zugbahnen der Hochdruckgebiete über Europa als klimatologisches Problem. Mitt Fränk Geogr Ges 6, Erlangen.
- SCHERHAG, R. 1948 Neue Methoden der Wetteranalyse und Wetterprognose. Berlin.
- SCHNEIDER-CARIUS, K. 1948 Typen der Grundsicht. Geofisica pura e applicata 12, S. 4.
- SCHUEPP, M. 1959 Die Klassifikation der Witterungslagen. Geofisica pura e applicata 44, (III).

- SCHWERDTFEGGER, W. 1943 Über die Erscheinungsform der Fronten im nordwesteuropäischen Seegebiet. Forsch u Erf Ber RWD 14, Reihe B.
- WEISCHET, W. 1955 Die Geländeklimate der Niederrheinischen Bucht und ihrer Rahmenlandschaften. Münch geogr Hefte 8, Regensburg.
- WOLKOPF, K.-H. 1960 Die Umsteuerung der Großwetterlagen. ZfMet 14, S. 85.

Die Literaturübersicht enthält nur solche Arbeiten, die im Text zitiert sind und von unmittelbarer Bedeutung für die Arbeit waren.

Klima-Atlas von Bayern. Dt Wetterdienst US-Zone, Bad Kissingen, 1952.

Die Großwetterlagen Mitteleuropas. Dt Wetterdienst, Bad Kissingen/Offenbach, 1947 bis 1960.

Täglicher Wetterbericht des Deutschen Wetterdienstes. Bad Kissingen/Offenbach, 1947 bis 1960.

Täglicher Wetterbericht des Meteorol. und Hydrol. Dienstes der DDR, Potsdam/Leipzig, 1947—1960.

Headquarters Air Weather Service. Northern Hemisphere. Historical Weather Maps, Sea Level and 500 Millibar. November and December, 1946.

Météorologie Nationale. Bulletin quotidiens d'études de l'Organisation Météorologique Internationale. Paris. Novembre et Décembre, 1946.

Monatlicher Witterungsbericht des Deutschen Wetterdienstes. Bad Kissingen/Offenbach, 1947—1960.

Monatlicher Schnellbericht des Wetteramtes Nürnberg für Nordbayern. 1948—1960.

Witterungsbericht der sowjetischen Okkupationszone Deutschland. November bis April 1946/47. ZfMet 1, 1947, Heft 4/5.

Straßenwinterdienst-Meldebögen über den örtlichen Straßenzustand in Nordbayern der Straßenbauämter Nürnberg und Regensburg (Sammelstellen).

„Monatstabellen für meteorologische Stationen“ in Nordbayern, insbesondere Nürnberg-Buchenbühl.

Merkblätter und Vorschriften für Straßenmeistereien und Bundesbahn-Dienststellen

Merkblatt für Schneeschutz an Straßen. Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen, Köln, Ausgabe 1955, 18 Seiten.

Merkblatt für Schneeräumung. Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen, Köln, Ausgabe 1952, 23 Seiten.

Merkblatt zur Verhütung von Betriebsstörungen durch Frost und Schnee. Deutsche Bundesbahn, Ausgabe 1957, 32 Seiten.

Winterdienst auf Straßen und Reichsautobahnen. Forschungen aus dem Straßenwesen 31, Berlin 1941.

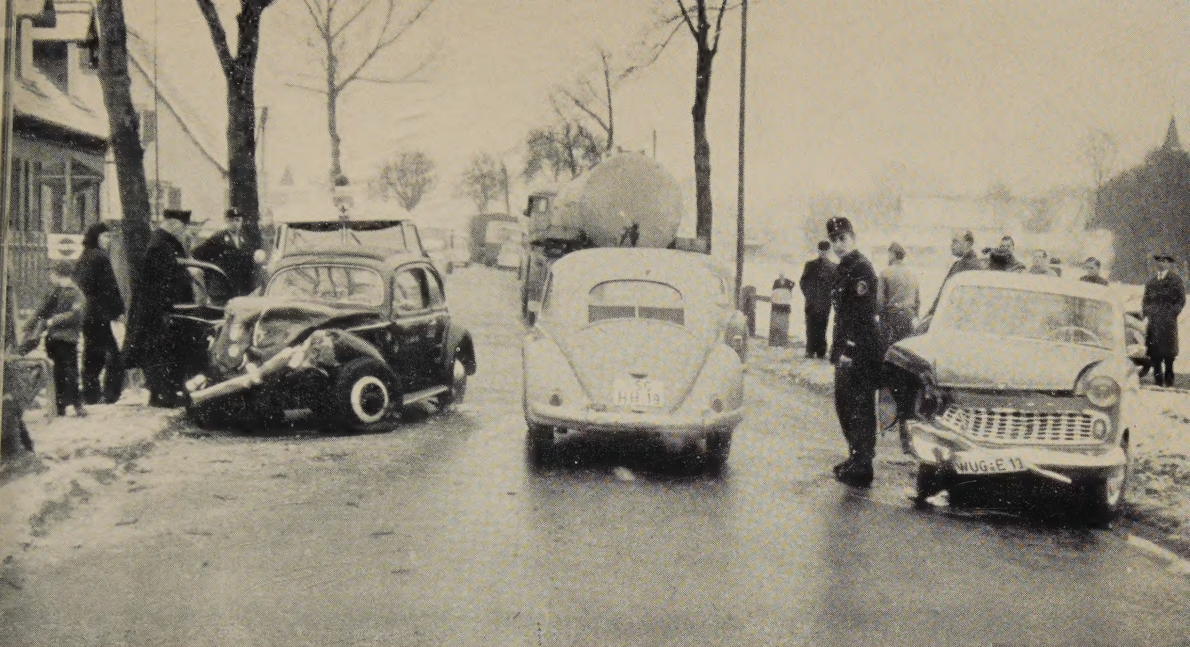


Bild 1: Die Zahl der Unfälle steigt schlagartig, wenn plötzlich Glatteis auftritt. Hier ein Unfall an der Bundesstraße 2 in Pfaffenhofen nahe Roth bei Nürnberg am 14.12.59 (vgl. Fig. 1, S. 27). Die dünne Eisschicht bildete sich während der Nacht. Über die kalte Festlandsluft der sich abschwächenden Hochdruckbrücke Azoren—Mittelrußland schob sich aus Westen aufgleitend Warmluft, aus der es regnete (Winkelwestlage; Typ VI, 11).

(Foto Gillich Roth)

Bild 2: Schneepflug in der Nähe Nürnbergs im Einsatz.

(Foto Gerardi Nürnberg)

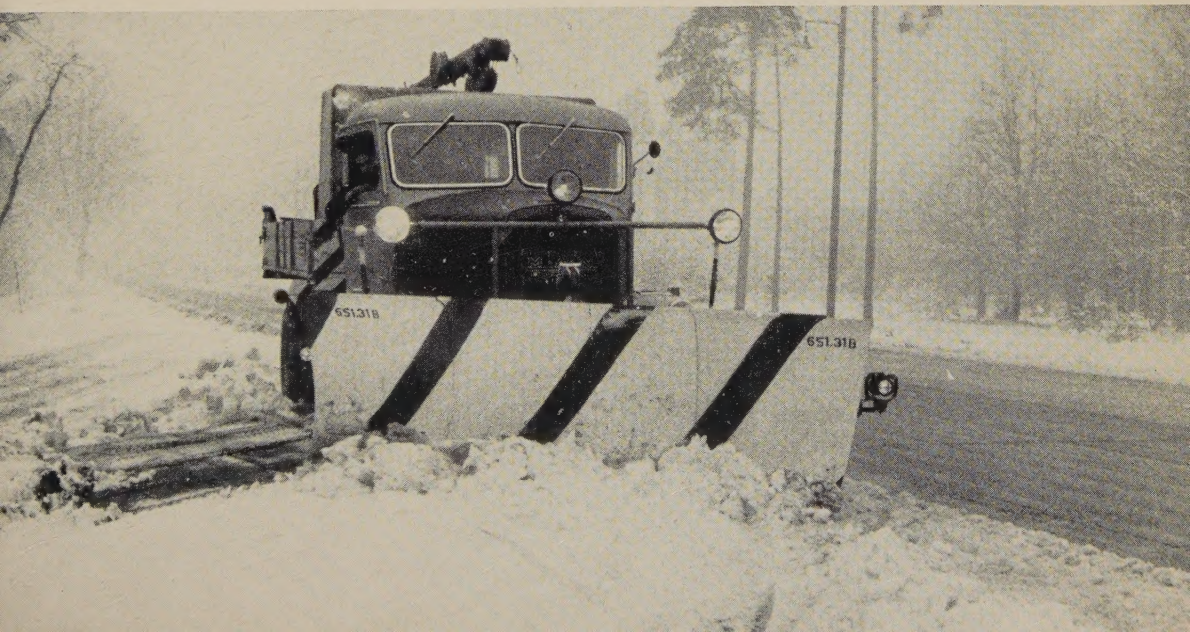




Bild 3: Eisenbahner und Soldaten im Kampf gegen die Schneemassen, die am 15./16. 1. 59 in München den gesamten Verkehr blockierten. Über Südbayern entstand eine Schleifzone zwischen kalter gealterter Polarluft im Norden und warmer Atlantikluft im Süden, die ein Tief aus Westen heranzuführte (Typ VI,14).

(Foto Deutsche Bundesbahn)



Bild 4: Schneemassen in Nürnberg (Königstraße). Am 13./14. 1. 59 kam es im Anschluß an eine Nordlage zum Aufgleiten wärmerer Mittelmeerluft aus Süden (zu Typ V, 10). Ganz Nordbayern lag unter einer hohen Schneedecke. Den Verkehr blockierten vielerorts starke Verwehungen, die durch kräftige nordwestliche bis nördliche Winde entstanden waren. Der starke Verkehr wandelt den Schnee rasch in Matsch um (unser Bild).

(Foto Gerardi Nürnberg)

Lebenslauf

Ich wurde geboren am 11. 10. 1935 in Roth bei Nürnberg (Landkreis Schwabach, Bayern) als Sohn des Bundesbahnoberinspektors Johann Fiegl und seiner Ehefrau Fanny Fiegl, geb. Renner. Ich bin ledig, deutscher Staatsangehörigkeit und bekenne mich wie meine Eltern zum röm.-kath. Glauben.

Vom Jahre 1942 an besuchte ich die Volksschule in Roth und trat 1946 in die Oberrealschule mit Gymnasium Schwabach ein. 1954 habe ich an dieser Schule die Reifeprüfung mit Erfolg abgelegt.

Danach besuchte ich einen kaufmännischen Halbjahreskurs (Abiturientenkurs) der Dr. Sabel'schen Handelsschule in Nürnberg. Anschließend leistete ich ein halbes Jahr des für mein Studium erforderlichen kaufmännischen Praktikums bei der Firma H. Diehl, Nürnberg, ab.

Im Wintersemester 1955/56 begann ich in Erlangen mit dem Studium der Wirtschaftswissenschaften und der Geographie. Ich legte 1960 in diesen beiden Fächern und 1961 in Sozialkunde die Wissenschaftliche Prüfung für das Lehramt an den Höheren Schulen mit Erfolg ab. Zur Zeit befinde ich mich im Pädagogischen Seminar in München.

